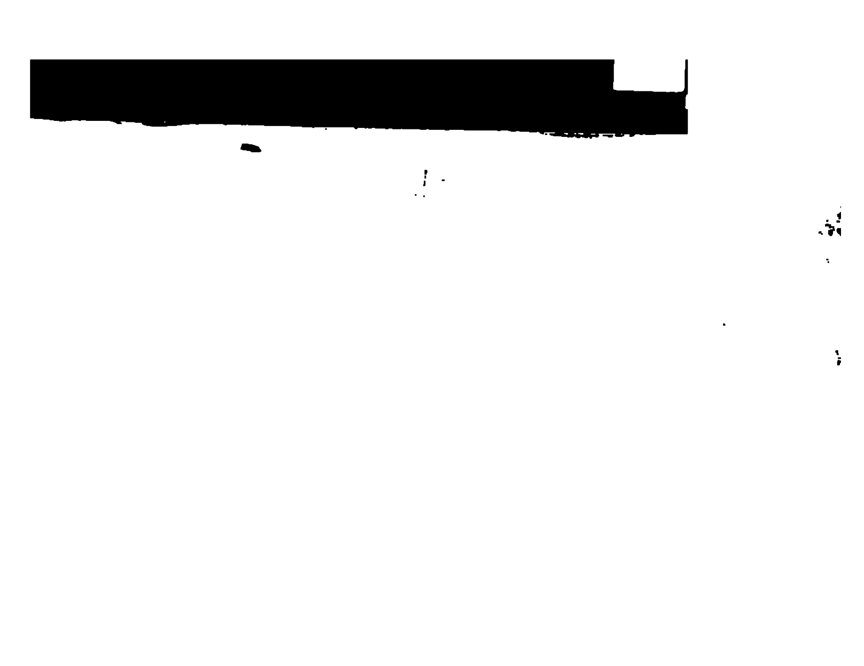



600040762P
E. BIBL. RADCL.
18811 e. 157





EXPLICATION
DE PLAYFAIR
SUR LA THÉORIE DE LA TERRE
PAR HUTTON,

ET

EXAMEN COMPARATIF DES SYSTÈMES GÉOLOGIQUES

Fondés sur le feu et sur l'eau, par M. MURRAY; en réponse à l'Explication de Playfair:

Traduits de l'Anglais, et accompagnés de Notes et de Planches,

PAR C. A. BASSET,

Docteur ès-sciences et ès-lettres de l'Académie de Paris, Directeur de l'École normale, et officier de l'Université impériale.

PREMIÈRE PARTIE.

Nunc naturalem causam quærimus et assiduam, non raram et fortuitam.
SENEC.

PARIS,

BOSSANGE ET MASSON, IMP-LIBR., rue de Tournon, n° 6.

A LONDRES,

14 Great Marlbourough Street, aux Dépôts de Livres français établis par BOSSANGE ET MASSON, Imprimeurs-Libraires à Paris; et par LEBLANC, Imprimeur-Libraire de la même ville.

1815.

[redacted]

ÉPITRE DÉDICATOIRE

A

MM. LES ÉLÈVES

DE L'ECOLE NORMALE.

MM.

Comme *la science de la Géologie est étroitement liée avec toutes les connoissances physiques et mathématiques qui font l'objet de vos études, j'ai cru vous être utile en faisant passer dans notre langue deux nouvelles Théories de la Terre, fondées sur des recherches et des observations faites avec beaucoup de soin. En vous offrant aujourd'hui*

la Dédicace de ma Traduction, j'acquiers un double droit à votre reconnaissance; et j'aurai atteint mon but, si vous trouvez dans mon travail quelques ressources pour votre instruction, et dans mes intentions un motif de plus de me conserver votre estime et votre attachement.

Je suis, avec un entier dévouement,

MESSIEURS,

Votre Serviteur,

BASSET,

Directeur des Etudes.

AVANT-PROPOS

DU TRADUCTEUR.

Un de nos savans disoit un jour : « Les faiseurs de » *systèmes* sont entre eux comme étoient les augures ; » ils ne peuvent se regarder sans rire. » Pour que ce mot soit aussi juste qu'il paroît ingénieux, il faut supposer que les faiseurs de *systèmes* sont, en général, des charlatans qui écrivent et parlent sans conviction, et dont le seul but est de faire des dupes. Au lieu d'admettre cette supposition, comme le sentiment de la probité et l'intérêt de la véritable gloire engagent les écrivains à ne dire que ce qu'ils croient vrai, il me paroît raisonnable d'accorder quelque confiance à des hommes très-instruits, et qui n'ont pu passer toute leur vie dans l'étude d'une science abstraite, pour le malin plaisir et la seule jouissance de faire des prosélytes, et ensuite de *rire* de leur bonne foi trompée. Loin de voir ces auteurs disposés à *rire* de leurs *systèmes* réciproques, ne sommes-nous pas témoins tous les jours de la guerre ouverte qu'ils se déclarent, pour soutenir sur la même matière des doctrines différentes de principes et de conclusions ? Pour n'être pas du même avis sur des sciences purement spéculatives, n'avons-nous pas vu ces auteurs se créer, pour ainsi dire, une armée de réserve dans leurs partisans, et sacrifier les récompenses les plus douces de leurs veilles à la gloire éphémère de devenir chef d'un parti ? Ainsi, par les leçons que ces maîtres prétendent donner, ils prouvent qu'ils sont de bonne

foi jusque dans leurs erreurs; et, par la constante opiniâtreté de leurs travaux, de leurs observations, calculs, raisonnemens, ils prouvent qu'ils veulent mettre au jour une nouveauté qui leur appartient; ils le croient utile, ils se familiarisent avec elle, ils s'habituent à la regarder comme une vérité, et la transmettent comme telle.

Je me dispense de définir moi-même ce qu'on doit entendre, dans les sciences physiques, par *hypothèse*, *système*, et *théorie*, parce que le sens de ces mots est fixé depuis long-temps, et que l'application qu'il en faut faire est indiquée par des auteurs célèbres, et détaillée de la manière la plus ingénieuse dans l'introduction de cet Ouvrage. Cependant il est de mon devoir de prévenir les jeunes gens de se mettre toujours en garde contre ces trois mots, et de chercher à en bien connoître la valeur.

Il y a bien loin de l'*hypothèse* au *système*, et du *système* à la *théorie*. Il est pénible, je l'avoue, de chercher à s'assurer des vérités physiques d'abord par des *hypothèses*, de parcourir ensuite une route longue dans les ténèbres de ce qu'on appelle un *système*, pour arriver enfin, et très-rarement, à ce qu'on peut honorer du beau nom de *théorie*. C'est là que l'esprit paroît se rafraîchir et se reposer de ses fatigues, parce que tout lui plaît, et qu'il a atteint le but auquel il tendoit. Je dois laisser parler ici un de nos maîtres les plus habiles dans l'art de définir. En 1795, à l'ouverture de son cours aux écoles Normales, M. Haüy a dit : « L'observation et la *théorie* concourent également à la certitude et au développement de nos connoissances. » Chacune a son flambeau à la main. L'observation » dirige la lumière du sien sur chaque fait en particulier, de manière qu'il soit bien éclairé, qu'il » soit nettement terminé, et qu'il se présente sous » sa véritable forme. La *théorie* répand la lumière

» sur l'ensemble des faits; et, à la clarté de son flam-
» beau, tous ces faits d'abord épars, et qui sembloient
» n'avoir rien de commun entre eux, se rappro-
» chent, ils prennent tous un air de famille, et
» semblent n'être plus que les différentes faces d'un
» fait unique. »

» Il est aisé maintenant de juger combien il y a loin du *système* à la *théorie*. Mais commençons par observer que le mot de *système* peut être pris dans une acception favorable, lorsqu'on l'emploie pour désigner une disposition d'objets relatifs aux sciences. Les géomètres s'en servent pour exprimer un ensemble de corps dont les actions mutuelles se combinent. Dans le langage de la saine physique, il exprime un arrangement des corps célestes autour d'un centre commun. Les naturalistes ont aussi leurs *systèmes*, qui consistent dans une distribution méthodique des êtres, propre à en faciliter l'étude. Le *système*, tel que nous l'envisageons ici, pour le bannir de la physique, consiste dans une *supposition* purement gratuite, à laquelle on s'efforce de ramener la marche de la nature. C'est un tourbillon, c'est un effluve de matière subtile, c'est tout ce qu'on veut (car tout est possible à l'imagination); à l'aide de cette supposition, qui souvent annonce la prétention de remonter à cette cause première, dont la *théorie* évite sagement de s'occuper, on explique les phénomènes d'une manière vague et lâche, satisfaisante, en ce qu'il n'en coûte pas plus pour la concevoir que pour l'imaginer. Le *système* marche ainsi comme au hasard, toujours errant dans les à peu près, incapable de déterminer aucun fait avec cette précision, cette rigueur qui fait le caractère de la *théorie* : en un mot, le *système* est le roman de la nature, et la *théorie* en est l'histoire, et une histoire qui, sans jamais cesser d'être fidèle à la

» vérité, embrasse à la fois le passé, le présent et » l'avenir. »

Mais parce qu'une science a ses difficultés, et parce que souvent une mauvaise méthode conduit à des erreurs, sommes-nous fondés à refuser la connoissance des *hypothèses*, des *systèmes* et des *théories*, à ceux qui par goût ou par état se livrent à l'étude de cette science? Ne pourroit-on pas dire qu'il en est de l'étude des sciences physiques, comme de celle des langues anciennes? Ici le texte n'existe plus dans sa pureté; il a été altéré par des copies ou des traductions; et, pour connoître la pensée présumée de l'auteur, il faut avoir recours aux différentes opinions des commentateurs. Le grand livre de la nature, quelque pur qu'en soit le texte, est aussi très-difficile à lire, et plus encore à comprendre, et ce sont les savans qui l'ont étudié toute leur vie, qui doivent nous guider. Ainsi, plus nous aurons d'opinions différentes sur un même objet, et plus la sphère de nos connoissances s'agrandira, plus aussi nous aurons de droits à soulever le voile qui couvre le vaste tableau de la création. Chaque siècle, en s'avançant toujours vers une vérité, finit souvent avant de l'atteindre; mais il la laisse au siècle suivant dans une perspective encourageante. C'est pour cela que, de tout temps, on a jugé nécessaire d'offrir à l'avide curiosité de la jeunesse, d'abord des principes invariables, des lumières positives, et ensuite le développement de tous les *systèmes* scientifiques. Pour le faire avec succès, on a eu la précaution sage et prudente d'armer l'inexpérience et la foiblesse des jeunes gens de tous les moyens de défense et d'attaque, en opposant à un *système* un *système* contraire, et en les accoutumant à distinguer le faux du vrai; c'est ainsi que, témoins du choc continuel de la vérité et de l'erreur, ils se rangent, à la faveur des lumières, dans le parti de la première, pour com-

battre la seconde avec avantage. Dans cette méthode, on ne verra pas de leçons de ce *pur esprit de système*, qui, vers la fin des études, est sans doute l'écueil le plus dangereux, et en même temsp le plus difficile à éviter; sur-tout quand, à l'aide d'une imagination brillante, on se laisse entraîner, par l'appât de la célébrité, à la fâcheuse manie de tout *systématiser* :

Omnia enim. . . magis admirantur amantque,
Inversis quæ sub verbis latitantia cernunt;
Veraque constituunt, quæ bellè tangere possunt
Aures, et lepido quæ sunt fucata sonore.

« Car ils n'admirent que les opinions cachées sous » des termes mystérieux; une harmonie agréable » et un coloris brillant sont pour eux le sceau de » la vérité. » (a) Le danger paroît plus inquiétant encore, quand l'*esprit de système* ose toucher à la religion et à la morale. Cependant, quelques efforts que l'homme fasse, il ne réduira jamais ces deux saintes et précieuses émanations de la divinité, ni aux mouvemens du compas, ni aux règles du calcul, ni aux lois de l'observation, ni à la marche de l'analyse et de la synthèse, ni aux caprices du hasard. « Pour donner la certitude entière des matières les » plus incompréhensibles à la raison, il suffit de les » faire voir dans les livres sacrés; comme pour montrer » l'incertitude des choses les plus vraisemblables, il » faut seulement faire voir qu'elles n'y sont pas » comprises, parce que les principes de la théologie » sont au-dessus de la nature et de la raison, et que, » l'esprit de l'homme étant trop foible pour y arriver » par ses propres efforts, il ne peut parvenir à ces

(a) Lucrèce, l. 1, trad. de Lagrange.

» hautes intelligences, s'il n'y est porté par une force
» toute puissante et surnaturelle.

» Il n'en est pas de même des sujets qui tombent
» sous les sens, ou sous le raisonnement. L'autorité
» y est inutile, la raison seule a le droit d'en con-
» noître ; elles ont leurs droits séparés. L'une avoit
» tantôt tout l'avantage, ici l'autre règne à son tour.
» Et, comme les sujets de cette sorte sont propor-
» tionnés à la portée de l'esprit, il trouve une liberté
» toute entière de s'y étendre : sa fécondité inépui-
» sable produit continuellement, et ses inventions
» peuvent être tout ensemble sans fin et sans inter-
» ruption. » (*a*) En supposant même la religion et la morale réduites en *système*, ce système est unique et éternel comme son auteur ; ses lois sont faites par Dieu ; son mouvement se passe dans notre cœur comme effet de la liberté et de la volonté ; ses déviations sont dans le désordre de nos passions ; ses heureux résultats dans nos vertus, et toutes ses preuves dans les merveilles de l'univers, et dans nos immortelles prérogatives. Ici rien n'est changeable, parce que tout est essentiellement vrai et bon ; ici rien n'est à démontrer, parce que la foi se charge de faire adopter à la conscience, comme évident, tout ce que la raison ne peut comprendre ; ici enfin, il ne peut y avoir de combat d'opinions, parce qu'il ne s'agit pas d'un intérêt passager, et de peu de valeur.

Quant à tous les autres systèmes, il faut convenir que, « puisque l'homme garde dans sa mémoire les
» connoissances qu'il s'est une fois acquises, et dans les
» livres celles des anciens.... il peut aussi les augmen-
» ter facilement... De là vient que, par une prérogative
» particulière, non seulement chacun des hommes
» s'avance de jour en jour dans les sciences, mais que

(*a*) Pensées de Pascal, art. I[er], édit. de Renouard.

» tous les hommes ensemble y font un continuel pro-
» grès, à mesure que l'univers vieillit. » (a)

Je ne publie pas cette traduction pour les savans qui connoissent déjà les *systèmes*, qui ont combattu ceux des autres, ou soutenu les leurs, mais pour des jeunes gens à peine initiés dans la science. Peut-être aurois-je influencé leurs opinions sur la géologie, si je n'avois exposé à leurs yeux qu'un seul *systeme*; ou bien, si, leur en ayant fait connoître deux, j'avois montré la prétention de m'établir juge entre eux. Ainsi, au lieu de me reprocher de faire naître *l'esprit de système*, on ne verra, j'espère, dans mes intentions, que le soin de faire connoître ces *systèmes*; et, dans mon travail, des armes pour combattre les mauvais, et pour défendre les bons.

Loin de blâmer les *systèmes*, parce qu'ils se succèdent et se contredisent, « il faut relever le courage » de ceux qui n'osent rien inventer en physique; » (b) laisser un champ libre à ceux qui peuvent nous faire part de leurs découvertes, et qui ne sont pas effrayés des grandes difficultés qui s'opposent à l'arrangement des parties d'un *système* raisonnable. Sans parler de ceux que les anciens ont faits, que ne devons-nous pas aux efforts des modernes, aux vastes conceptions, et peut être aux savantes erreurs des Leibnitz, des Newton, des Descartes? De nos jours même, le perfectionnement de nos connoissances n'est-il pas dû aux Linnée, aux Buffon, aux Jussieu, aux de Lagrange, aux Delaplace, aux Lavoisier, aux Bertholet, aux Cuvier, aux Haüy, aux Werner, aux Klaproth, enfin à tous les hommes éclairés qu'il seroit trop long de nommer, et qui, conduits par l'analogie et les apparences, ont tenté de former des

(a) Pensées de Pascal, art. Ier, édit. de Renouard.

(b) *Ibid.*

systèmes sur les principaux phénomènes de la nature. « Les secrets de la nature, il est vrai, sont » cachés; quoiqu'elle agisse toujours, on ne découvre » pas toujours ses effets; le temps les révèle d'âge en » âge; et, quoique toujours égale en elle-même, elle » n'est pas toujours également connue. Les expériences qui nous en donnent l'intelligence se multiplient continuellement; et, comme elles sont les » principes de la physique, les conséquences se multiplient à proportion. » (*a*) Comme les *systèmes* et les *théories* sont fondés sur des *hypothèses*, qui, sans pouvoir expliquer tous les faits, en expliquent quelques-uns, il n'y a point de *système*, point de *théorie*, qui n'ait ses vérités et ses erreurs. Les unes et les autres sont utiles au philosophe sage et studieux; les premières font sa règle et sa loi invariable, tandis que les secondes lui fournissent une source inépuisable de dissertations et de réfutations instructives.

D'après ces considérations, je suis porté à croire que la connoissance des différens *systèmes*, loin de nuire aux études, doit au contraire en augmenter les charmes, et en assurer les fruits. En effet, si les auteurs de *théories* ne se sont servis de celles qui leur » avoient été laissées que comme de moyens pour en » avoir de nouvelles, et si cette heureuse hardiesse » leur a ouvert le chemin aux grandes choses, nous » devons prendre celles qu'ils nous ont acquises de » la même sorte : et, à leur exemple, en faire les » moyens, et non pas la fin de notre étude; et ainsi » tâcher de les surpasser en les imitant. » (*b*) Je dirai même que, plus les jeunes gens calculeront la variété des opinions sur le même objet, plus aussi ils pourront apprécier les causes de leur divergence; plus leur

---

(*a*) Pensées de Pascal, *Ibid*.
(*b*) *Ibid*.

imagination s'étonnera des obstacles à surmonter pour acquérir l'évidence d'une seule vérité, plus ils verront les grands génies égarés dans les ténèbres qui enveloppent les premières causes, et souvent même les effets les plus simples; et plus aussi ils seront forcés d'avouer que la source de tant de merveilles est aussi étonnante qu'inexplicable; qu'il est des bornes que notre esprit n'essaie de passer que dans les accès d'une folle présomption; que chaque *système*, chaque *théorie*, qui veut remonter jusqu'à cette source, est, pour ainsi dire, une preuve raisonnée de la foiblesse de notre intelligence, et une espèce d'hommage rendu à l'Etre-Suprême; à cet Être, qui se rit de nos vaines spéculations, et des lois que nous inventons; à cet Être dont la volonté est immuable, l'action toujours juste, et la sagesse infinie. C'est ainsi que, dans les erreurs même des hommes célèbres, les jeunes gens voient s'agrandir encore à leurs yeux la toute-puissance divine; c'est ainsi qu'en reconnoissant la présence sans cesse active d'un Dieu, dans tout ce qui les frappe et les étonne, sans satisfaire leur curiosité, ils s'écrient, dans une sainte et respectueuse admiration : *O altitudo !* et qu'ils répètent d'après un poëte profane :

Quid mirum si se temnunt mortalia sæcla,
Atque potestates magnas, mirasque relinquunt
In rebus vires divûm, quæ cuncta gubernent ?

« Est-il surprenant que l'homme, plein de mépris » pour sa foiblesse, reconnoisse une puissance supé- » rieure, une force surnaturelle et divine, qui règle » à son gré l'univers ? » (*a*)

Mon goût particulier pour les sciences physiques et naturelles, et sur-tout l'envie de me rendre *utile*,

---

(*a*) Lucrèce, l. 5, trad. de Lagrange.

m'ont engagé à faire passer dans notre langue les trois auteurs écossais qui, dans ces derniers temps, ont écrit sur la *géologie* avec le plus de succès. Je prends ce mot *utile* dans le même sens que lui donne un de nos plus habiles rédacteurs du *Journal de l'Empire*. Il dit (*a*), en parlant des traductions : « Tout écrivain, » quel qu'il soit, présente toujours un fonds d'instruc- » tion quelconque, et ce fonds, indépendant du » style dont il est revêtu, de la langue dans laquelle il » est développé, propre à être transporté dans toutes » les langues, à être exprimé bien ou mal, passe né- » cessairement dans une traduction, et peut toujours » justifier plus ou moins l'entreprise du traducteur » qui s'est donné la peine de le mettre à la portée de » ses compatriotes : il la justifie, sur-tout lorsqu'il » s'agit, ou de faits historiques, ou de *théories philo-* » *sophiques*, ou de méthodes et de procédés relatifs » aux arts. » Voilà des concessions qui m'assurent » quelque indulgence ; tout occupé de l'intelligence de choses difficiles, et exprimées dans une langue étrangère, je n'ai cherché à mettre dans mon style que de la simplicité, de la clarté, et de l'exactitude. Pour se déterminer à traduire un ouvrage scientifique et long, il faut en avoir trouvé les motifs dans l'estime que l'on a pour l'original, et dans le plaisir et le besoin qu'on éprouve de le faire connoître ; aussi traduit-on d'autant mieux, qu'on sent cette estime se métamorphoser insensiblement en une sorte de partialité. Comme ces mêmes motifs peuvent faire croire que le traducteur adopte les opinions de son auteur, le lecteur va naturellement conclure que je suis *Vulcaniste*, ou partisan de la théorie de Hutton, et que je regarde le feu comme l'agent principal des événemens que notre globe a éprouvés.

(*a*) 6 Août 1813.

Cependant, en lisant la 2e partie, il verra que sa conclusion, tout exacte qu'elle paroisse, est au moins prématurée.

Cette 2e partie est l'ouvrage d'un autre auteur, qui traite le même sujet, mais en réfutant ses antagonistes par l'emploi de principes entièrement opposés, et dont il tire des conclusions différentes. Ici le feu n'est rien, et l'eau est tout. Parce qu'on s'habitue à penser comme l'auteur qu'on traduit, et parce que j'ai traduit un autre géologue qui plaide, selon lui d'une manière victorieuse, la cause de l'eau, le lecteur va-t-il conclure que, puisque je ne suis pas *Vulcaniste*, je dois être *Neptuniste*? Il se hâteroit trop pour cette conclusion comme pour la première. La chose est prouvée par le rôle de traducteur dont je ne m'écarte pas, même dans mes notes particulières, où je me contente d'exposer des faits puisés dans l'étude de la nature, et dans les ouvrages de plusieurs écrivains. Si j'ai cité les anciens un peu plus souvent que les modernes, ce n'a pas été pour faire un vain étalage d'érudition, ni pour marquer une préférence; mais pour montrer que, depuis qu'il existe des hommes qui observent les phénomènes, il y a toujours eu accord dans les observations, ignorance des causes, et peu ou point d'harmonie dans l'explication des effets, ni dans celle des apparences. Enfin, je crois avoir donné, par cette traduction, le *pour* et le *contre* dans une des questions les plus importantes des connoissances physiques; mais je laisse au temps, à l'expérience, et au génie des grands maîtres, à fixer les idées sur cet objet, et à juger, s'il est possible, le grand procès qui a divisé jusqu'ici, dans l'arrangement du globe, les partisans du feu et ceux de l'eau.

AVERTISSEMENT

DU

TRADUCTEUR.

DANS l'ouvrage anglais, les Notes et Additions de M. Playfair forment une deuxième partie détachée. Comme j'ajoute au système de Hutton et de Playfair en faveur du feu, celui de M. Murray en faveur de l'eau, j'ai cru, pour la commodité du lecteur, et pour diminuer la grosseur du volume, devoir placer les notes et renvois sous le texte de la Théorie, en caractères plus fins.

Les Notes de Playfair, au nombre de 25, sont marquées par des n[os] à leur commencement et aux alinéas. Ces n[os], ainsi que ceux de la Théorie, renvoyent le lecteur aux n[os] correspondans des deux Tables des matières.

Les renvois de MM. Playfair et Murray sont marqués par un ou plusieurs (*).

Mes Notes sont indiquées par les lettres (*a*), (*b*), (*c*), (*d*), etc.

J'ai fait une Table alphabétique de tous les auteurs cités, et j'ai noté la partie et la page où ils sont cités.

AVERTISSEMENT
DE L'AUTEUR.

Le Traité que j'offre ici au public a été entrepris dans l'intention d'expliquer la Théorie de la Terre du docteur Hutton (*a*), d'une manière plus simple et plus claire que l'auteur ne l'a fait. On s'est souvent plaint de son obscurité, qui ne peut avoir d'autre cause que le peu d'attention qu'on a donnée aux spéculations ingénieuses et originales de ce célèbre géologue.

Le moyen le plus naturel d'atteindre mon but, est, ce me semble, de présenter, dans le cours d'une dissertation, une esquisse générale du système; et de placer ensuite, en forme de notes, l'explication que demande chaque sujet particulier. Dans tout cet ouvrage, je n'ai guère eu d'autre dessein que de donner une exposition claire des faits, et une simple déduction des conclusions qui en dérivent; aussi, je ne réclamerai pour mon

---

(*a*) *Theory of the earth, with proofs and illustrations, in four parts. By James Hutton, M. D. et F. R. S. E. Edimburgh*, 1795.

Théorie de la Terre, avec les preuves et les explications. Par Jean Hutton, etc. 4 vol. in-8°. Edimbourg, 1795.

Cet ouvrage, souvent cité dans cette traduction, n'a jamais été traduit en français.

(*Note du Traducteur*)

compte aucun mérite, si, dans l'ordre que j'ai été obligé de suivre, quelques argumens ont reçu une forme nouvelle, et si j'ai fait quelques additions à un système naturellement riche par le nombre et la variété des interprétations dont il est susceptible.

Parmi les qualités que cette entreprise requiert, il en est une que j'avoue posséder entièrement. Comme j'ai été instruit par le docteur Hutton lui-même sur la Théorie de la Terre; comme j'ai vécu, pendant plusieurs années, dans l'intimité de cet homme étonnant, et que nous avions l'habitude presque journalière de traiter ensemble des questions de ce genre; personne ne peut mieux que moi interpréter ses vues, et être plus familiarisé avec ses particularités, ses expressions et ses pensées. Pour les autres talens nécessaires au développement d'un système aussi étendu et aussi varié, je sens pleinement mon insuffisance, et j'attends, avec beaucoup de respect et d'inquiétude, ce jugement, duquel on ne rappelle jamais.

Université d'Edimbourg,
1er Mars, 1802.

TABLE DES MATIÈRES

DES TROIS SECTIONS.

PRÉJUGÉS RELATIFS A LA THÉORIE DE LA TERRE.

SECTION PREMIÈRE.

PHÉNOMÈNES PARTICULIERS AUX CORPS STRATIFIÉS.

[redacted]

Fin de la Table des Matières des trois Sections.

TABLE DES MATIÈRES

DES

NOTES ET ADDITIONS.

Fin de la Table des Matières de la première Partie.

TABLE ALPHABÉTIQUE
DES AUTEURS CITÉS.

ERRATA de la première Partie.

Pag.	Lig.	
19	2	pouvoit, *lis.* put.
21	1	n'étoit, *lis.* ne fut.
26	9	impossible, *lis.* possible.
33	33	ait été, *lis.* a été.
44	6	distinctes, *lis.* détruites.
50	15	de règne, *lis.* du règne.
59	20	si l'on, *lis.* si quelqu'un.
60	30	Maintenant les montagnes sur leur base, *lis.* Maintenant, les montagnes qui sont sur cette base.
83	14	le dernier, *lis.* la dernière.
Id	31	le surpassera, *lis.* l'a surpassé.
Id	32	cette prophétie, *lis.* ce jugement porté.
84	10	désolante, *lis.* désolant.
Id	11	qui comptent, *lis.* qui comptoient déjà dans ce temps-là.
88	23	spathique, *lis.* spathiques.
92	7—93 32	sphéroïde, *lis.* sphéroïdale.
98	18	indépendamment, *lis.* aussi.
Id	25	lorsqu'ils ont été, *lis.* lorsque les strata ont été.
100	22	et teint, *lis.* et tacheté.
Id	16	de poudre, *lis.* de poussière.
126	36	§ 152, *lis.* § 17.
129	34	ce fut, *lis.* c'est.
137	2	aient, *lis.* eussent.
143	29	à une, *lis.* a une.
150	10	comme nous l'avons dit, *lis.* comme nous le disons au.
156	14	seroit, *lis.* soit.
157	5	venu, *lis.* sortie.
158	36	au centre de la mine, *lis.* au centre.
175	11	On a dit, *lis.* On dit.
Id	12	se trouvoient, *lis.* se trouvent.
Id	13	pouvoit, *lis.* peut.
179	32	les strata comprimés, *lis.* les strata et comprimés.
203	36	côtés, *lis.* cotés.
207	20	rapporté plus haut au, *lis.* rapporté au.
214	20	y aient été, *lis.* y ont été.
221	15	on a dit plus haut §, *lis.* on dit au §.
223	6	nous avons déjà parlé au, *lis.* nous parlons au.
232	9	leur angle naturel, *lis.* leurs angles naturels.
243	31	par une, *lis.* par un.
249	36	§ 282, *lis.* 133.
257	20	pour toute, *lis.* pour chaque.
Id	22	ces faits, *lis.* les faits.
273	3	placé, *lis.* replacé.
274	26	soit venue, *lis.* vienne.
278	24	j'ai demandé, *lis.* je demandai.
Id	27	il m'a répondu, *lis.* il me répondit.

[redacted]

Pag. Lig.
282 21 ayent, *lis.* eussent.
285 14 la quantité, *lis.* la mesure.
289 5 le lapidaire, *lis.* le marbrier.
317 36 ce point est un, *lis.* ce n'est point un.
323 4 ont, *lis.* ont eue.
325 1 est stratifiée, *lis.* sont stratifiés.
349 6 au laps d'une durée infinie, *lis.* à une durée de temps infinie.
352 27 supprimez (*a*).
375 23 supposer, *lis.* supporter.
398 6 de celui-ci, *lis.* du nôtre.
414 30 sure, *lis.* mesure
géologiste, *lis. par-tout* géologue.
spatheuse, *lis. par-tout* spathique.
alluviales, *lis.* par-tout d'alluvions.

ERRATA de la deuxième Partie.

Pag. Lig.
31 14 elle applique, *lis.* elle explique.
33 19 si on ne fait pas mention, *lis.* quand on ne feroit pas mention.
Id 20 elle revient, *lis.* elle reviendroit.
56 2 que l'exacte, *lis.* que comme l'exacte.
106 26 les unes des autres, sont des phénomènes intelligibles, *lis.* les unes des autres, et les hétérogènes, ainsi réunies, sont des phénomènes inintelligibles.
107 2 sont communs, *lis.* est commun.
110 5 ont ainsi, *lis.* on a ainsi.
127 18 se soient formées, *lis.* se sont formées.
135 17 bornée non plus, *lis.* bornée seulement.
139 34 c'est-à-dire aucun, *lis.* c'est-à-dire qu'aucun.
185 16 vitreux et des fractures, *lis.* vitreux dans ses fractures.

EXPLICATION
DE PLAYFAIR
SUR LA THÉORIE DE LA TERRE
PAR HUTTON.

INTRODUCTION (*a*).

PARMI les préjugés qu'une nouvelle théorie (*b*) a à combattre, il en est un fondé sur une opinion de quelques personnes, qui affectent de soutenir que la science géologique n'est point encore assez mûre pour s'élever jusqu'à des recherches si difficiles. Ainsi, pour se dispenser de s'y livrer, *ils mettent en avant la question préalable*, en déclarant

---

(*a*) Je place ici, comme Introduction, la XXVI[e] et dernière note. Il m'a paru raisonnable de commencer par l'exposé des principes qu'elle donne sur les théories en général, et en particulier sur la théorie de la terre. En outre, en faisant l'apologie raisonnée de la théorie du docteur Hutton, le docteur Playfair, dans cette note, explique et compare entre elles les opinions différentes des plus célèbres théoristes qui se soient occupés du même objet. Enfin, il fait voir que ces opinions, souvent opposées l'une à l'autre, ont beaucoup de points de contact, et qu'elles tendent toutes et conduisent lentement, mais sûrement, au but désiré : à la découverte de la vérité. (*Note du Traducteur.*)

(*b*) Ce mot en grec θεωρία signifie *contemplation*, *spéculation*. (*Note du Traducteur.*)

que nous ne pouvons avoir à présent aucune espèce de théorie. Nous ne sommes pas, dit-on, assez familiarisés avec les phénomènes de géologie; le sujet est si varié et si étendu, que pour long-temps, et peut-être pour toujours, nos connoissances resteront beaucoup au-dessous de lui. De là vient que jusqu'ici les théories se sont succédées les unes aux autres si rapidement, et qu'aucune d'elles n'a pas eu plus de durée que celle de la découverte d'un nouveau fait, ou d'un fait qui n'étoit pas connu lorsqu'elle a été trouvée : elle a prouvé son insuffisance pour rattacher le nouveau fait avec les phénomènes déjà connus, et a été par conséquent abandonnée. C'est ainsi qu'ont disparu, ajoute-t-on, les théories de Woodward, Burnet, Whiston, et même de Buffon; et c'est ainsi que disparoîtront à leur tour celles de Hutton et de Werner (*a*).

(*a*) « M. Ch. Anderson, membre du collége royal de chirurgie » d'Edimbourg, a publié, dans cette ville, une Traduction, augmentée de notes et d'observations, de l'ouvrage du professeur » Werner, de Freyberg, intitulé : *Nouvelle Théorie sur la formation des filons, et son application à l'art d'exploiter les* » *mines*, etc.

» L'auteur de ce Traité, justement estimé, est mis au rang des » hommes peu nombreux de nos jours, qui ont fondé une école » dans une branche de science ou de philosophie. L'école de » Werner est bien connue des géologues, et peu d'écoles ont » inspiré à leurs disciples un sentiment aussi profond d'admiration. Le mérite de l'ouvrage de Werner n'a pas été seulement apprécié en Allemagne; l'Europe savante n'a eu qu'une » opinion à son égard. L'auteur a su conserver, au sein même » de l'université auquel il appartient, une liberté d'opinions » qui le met au-dessus de toutes les préventions nationales. » *Moniteur du* 9 *avril* 1813. (*Note du Traducteur.*)

Ce tableau peu agréable de la géologie ne doit cependant pas être reçu sans examen; dans les sciences, la présomption est moins nuisible que le découragement, et l'inactivité plus dangereuse que l'erreur.

Le change que l'on a pris, en général, dans l'objet de la géologie, a donné naissance à la succession rapide de toutes les théories, ainsi qu'à la folie de vouloir s'en servir pour expliquer la première origine des choses. Cette erreur a fait tomber dans des spéculations chimériques qui n'ont d'autre mérite que la nouveauté, et qui, après l'enthousiasme, ont été rejetées comme de pures suppositions sans preuves possibles. Mais, si on convient une fois qu'une théorie de la terre ne doit avoir d'autre but que de découvrir les lois qui *règlent* les changemens de la surface ou de l'intérieur du globe, le sujet reste alors dans le domaine de l'observation ou de l'analogie; et il n'y a aucune raison de supposer que l'homme qui a compté les étoiles, et mesuré leur action, se trouve au-dessous de cette entreprise.

En outre, les théories qui ont un objet raisonnable, quoique fausses ou imparfaites dans leurs principes, sont, pour la plupart, des approximations de la vérité, conformes à l'instruction du temps où on les fait valoir: elles sont des pas faits vers la science, et les termes d'une série qui finira quand on découvrira les lois réelles de la nature. C'est sous ce rapport qu'il est dur de conclure que, dans les révolutions de la science, ce

qui est arrivé doit continuer d'arriver, et que, parce que dans le temps passé les systèmes se sont succédés rapidement, la même chose doit avoir lieu pour le temps à venir.

Celui qui raisonneroit ainsi, et qui auroit vu les anciens systèmes de physique, d'abord opposés l'un à l'autre, ensuite détruits par les disciples d'Aristote ; ceux-ci écrasés par les sectateurs de Descartes, et ces derniers par ceux de Newton ; auroit prédit, sans doute, que les opinions de Newton seroient détruites à leur tour par des découvertes ultérieures. Cependant personne n'est assez hardi pour tirer une pareille conclusion, puisqu'un siècle de travaux et de recherches scrupuleuses n'ont rien fait qu'ajouter à l'évidence *du Système de Newton*. Il paroît donc certain que l'origine et la chute des théories des temps passés ne prouvent point que celles du temps à venir auront le même sort.

L'excessive variété de l'objet des recherches géologiques rend les premiers pas certainement très-difficiles, et peut très-bien expliquer l'instabilité observée jusqu'ici dans les théories ; mais la même chose doit faire espérer qu'on arrivera un jour à un haut degré de certitude.

Par-tout où les phénomènes seront en très-petit nombre et simples, chaque théorie différente les expliquera d'une manière également satisfaisante ; et c'est alors qu'il n'est pas aisé de distinguer la vérité de l'hypothèse fausse. Lorsque, d'un autre côté, les phénomènes seront très-variés, il est probable

qu'on en trouvera quelques-uns de ceux *instantiae crucis*, qui excluront toutes les hypothèses, excepté une, et réduiront l'explication donnée à la plus parfaite évidence. Ce fut ainsi, lorsque les phénomènes du ciel n'étoient qu'imparfaitement connus, et bornés à des faits généraux et simples, que le système de Philolaüs ne put l'emporter sur celui de Ptolémée. Le premier paroissoit une hypothèse possible; mais, comme il n'établissoit rien que l'autre n'eût établi, et qu'il étoit contraire à nos préjugés les plus naturels, il n'a eu que peu d'adhérens. L'invention du télescope et l'usage d'instrumens plus exacts, en diversifiant et multipliant les faits, l'ont mis en faveur; et lorsque non seulement les lois générales, mais même les inégalités et les anomalies des mouvemens planétaires, ont été bien saisies, toutes les hypothèses physiques se sont évanouies, comme des fantômes, devant la philosophie de Newton. C'est ainsi que le nombre, la variété, et même la complication des faits, concourent à séparer la vérité de l'erreur; et les mêmes causes qui, dans certains cas, rendent pénibles les premiers essais d'une théorie, donnent aux derniers efforts de ces essais la gloire de la plus grande probabilité.

Cette maxime cependant, tout encourageante qu'elle soit pour les recherches géologiques, n'est pas une preuve que nous sommes arrivés là où nos connoissances peuvent prendre en toute sûreté la forme d'une théorie. Mais enfin elle prouve, par de nou-

velles observations, que nous touchons à une période plus éclairée.

On ne peut nier qu'une grande multitude de faits dans le règne minéral ne soient connus avec beaucoup de précision ; et que, depuis trente ans, une foule d'observateurs adroits et actifs n'aient produit dans la science géologique un changement considérable. Il est inutile de les nommer tous ; Ferber, Bergman, Deluc, Saussure, Dolomieu, sont ceux qui ont sur-tout guidé le docteur Hutton ; et c'est sur leurs idées et les siennes qu'est fondé son système. Si on dit qu'une petite partie seulement de la surface de la terre a été examinée, et qu'elle est bien décrite par les auteurs ci-dessus nommés, on peut répondre que la terre est construite avec un tel degré d'uniformité, qu'un seul trait d'une petite étendue servira d'exemple pour toute la chaîne des faits qu'on observe dans le règne minéral. La variété des apparences géologiques qu'un voyageur rencontre, n'est point du tout en proportion avec l'étendue de pays qu'il traverse ; et, s'il examine une contrée qui puisse renfermer des strata primitifs et secondaires, des montagnes, des rivières et des plaines, des corps non stratifiés en veines et en masses, quoique ce ne soit pas là une grande partie de la surface de la terre, il peut y rencontrer des exemples de tous les faits importans de l'histoire des fossiles. Quoique les travaux des minéralogistes n'aient embrassé qu'une petite partie du globe, ils ont néanmoins fourni une immense portion des

phénomènes qu'il renferme. On peut donc présumer que nous avons actuellement au moins une esquisse de géologie tracée avec quelque certitude, et peu susceptible de variations.

Lorsque les phénomènes d'une classe en général sont douteux, et qu'ils peuvent être expliqués par des théories différentes, ou même opposées; si quelques-uns de ces faits exclusifs sont connus pour n'admettre qu'une seule ou peu de solutions, alors nous n'avons pas le droit d'espérer beaucoup de lumières en généralisant, excepté la connoissance des points où notre instruction finit, et vers lesquels nous devons principalement diriger nos observations. Mais d'après tous les raisonnemens que nous ferons, d'après les exemples que nous donnerons d'apparences absolument contraires au système Neptunien, et d'après une foule de faits exclusifs et sans la moindre ambiguïté, puisés dans l'histoire naturelle du globe, je pense que ce système doit être exclus du nombre de ceux qui peuvent rendre raison des phénomènes de géologie. L'abondance de ces faits est un signe infaillible que toute la masse de nos connoissances est dans un état de fermentation, d'où nous devons espérer de voir sortir une véritable théorie.

Une autre indication de la même espèce, est la tendance au rapprochement que les théories, même les plus opposées, ont sous quelques rapports. Il se trouve entre elles tant de points de contact, qu'elles semblent tendre à un dernier état, où, en dépit d'elles-mêmes,

elles iront se confondre. Ce dernier état de choses, vers lequel toutes ces théories tendent, n'est point autre, si je ne me trompe, que celui de la théorie de Hutton.

Le premier exemple que je prendrai est le système de Saussure. C'est grand dommage que cet excellent géologue n'ait pas donné un compte exact de sa théorie. Quelques-uns des premiers principes, il est vrai, sont développés dans le cours de ses observations, et nous mettent à même de juger de son plan général. Evidemment il étoit éloigné du système de la chaleur souterraine, et, vers la fin de sa vie, il semble avoir tout-à-fait adopté le système de Werner. Cependant, malgré le peu de rapport que Saussure et Hutton ont eu dans leurs vues générales, ils sont tombés d'accord pour l'article le plus important, je veux dire l'élévation des strata. Saussure a vu clairement qu'il étoit impossible que les strata eussent été formés dans la position verticale que beaucoup d'entre eux ont aujourd'hui, et il prend beaucoup de peine pour démontrer cette impossibilité par des faits. Il pensoit aussi que ces strata, d'abord dans une position horizontale, sont devenus verticaux par une force dirigée du bas en haut, ou par un *refoulement* des lits ; mais non par leur chute, comme Deluc et d'autres Neptunistes l'ont prétendu.

Ainsi, quiconque admet ce principe, et raisonne d'après lui, sans être effrayé d'avoir à le suivre dans toutes ses conséquences, doit immanquablement se rappro-

cher de la théorie de Hutton. Il doit voir qu'une puissance qui, en agissant d'en bas, a produit ce grand effet, ne peut appartenir à l'eau, à moins de la supposer réduite en vapeurs par l'application de la chaleur. Mais, si l'on admet une fois que cette chaleur réside dans les régions minérales, la grande objection faite au système de Hutton disparoît; et le théoriste, pourvu d'un agent aussi actif et aussi puissant, auroit été bien maladroit dans ses ressources, s'il ne s'en étoit pas servi pour consolider et élever les strata. Une légère attention suffit pour montrer que cette chaleur remplit les deux objets, quoiqu'il y ait de grandes objections à faire, quand on saisit mal les effets de la compression. Nous pouvons donc conclure, en toute sûreté, que l'exact et ingénieux oréologiste de Genève a dû être *Plutoniste*, pour donner de la force aux principes qu'il a adoptés, et les faire entrer comme des parties intégrantes d'un seul et même système. S'il a embrassé une opinion opposée, c'est parce qu'il a pressenti qu'on lui objecteroit que ni les entrailles de la terre, ni sa surface ne présentent aucun reste de combustion ou d'inflammation. Ce minéralogiste ne connoissoit pas le secret d'accorder ces contradictions apparentes; et alors il s'est déclaré contre l'action du feu, même dans le cas de ces substances non stratifiées, qui ont tant de ressemblance avec la lave volcanique.

Les conclusions théoriques d'un autre observateur exact et intelligent, Dolomieu, donnent un exemple plus remarquable encore

de la tendance qu'ont les systèmes à se réunir, quoique décidément opposés l'un à l'autre. Cet ingénieux minéralogiste, en observant que les basaltes, interposés dans des roches stratifiées, avoient pour base non seulement des lits de pierres de sable, mais qu'ils en étoient aussi recouverts, vit clairement que ces apparences étoient incompatibles avec la supposition des explosions volcaniques ordinaires à la surface. Il imagina donc comme possible, que l'éruption volcanique s'étoit faite au fond de la mer (son niveau, dans les premiers temps, étoit beaucoup plus élevé qu'à présent), et que les matières, ensuite déposées sur la lave, s'étoient enfin consolidées en lits de pierres. Il est évident que cette notion de volcans soumarins se rapproche très-fort, sous beaucoup de rapports, de l'explication que donne le docteur Hutton de ces mêmes apparences. S'il n'y avoit rien autre chose à expliquer que le phénomène en question, il est certain que l'hypothèse de Dolomieu suffiroit; mais le docteur Hutton, à qui ce phénomène étoit connu, et qui, comme Dolomieu, pensoit que le basalte avoit été dans un état de fusion, étoit convaincu que la retraite de la mer n'étoit pas un fait bien attesté par les apparences géologiques; et que, si on adoptoit cette opinion, elle ne pouvoit rendre raison des faits qu'on explique par elle ordinairement. Il se figura donc que la lave en question avoit coulé non seulement au fond de la mer, mais dans les entrailles de la terre, qu'elle

avoit été jetée de force dans les fentes des roches déjà formées, en avoit élevé quelques-uns, et s'étoit interposée parmi eux; ce qui est parfaitement d'accord avec tous les autres faits de l'histoire naturelle des basaltes et des strata.

Il est clair qu'ici il y a une grande ressemblance entre les deux théories; toutes deux soutiennent l'origine ignée des basaltes et leur ressemblance avec la lave; toutes deux reconnoissent que la lave n'a pas coulé à la surface, et que les strata qui la couvrent ont été formés au fond de la mer. Le seul point sur lequel elles diffèrent, est le mode par lequel ces volcans soumarins ou souterrains ont produit leurs effets; et cette différence ne vient que de ce qu'un des deux géologues a plus généralisé que l'autre. Dolomieu pensoit à réunir les basaltes et les laves comme productions des explosions volcaniques à la surface; le docteur Hutton a songé non seulement à accorder ces deux apparences, mais encore tous les autres phénomènes de la minéralogie, particulièrement les veines de basalte et l'élévation des strata.

Sous un autre point de vue, la coïncidence des opinions de Dolomieu, avec celles du docteur Hutton, est encore plus remarquable. Le premier a observé que beaucoup de volcans éteints sont dans des contrées granitiques, et que les laves qu'ils ont vomies ne contiennent point de fragmens de granite. Il doit pourtant, dit-il, se trouver quelque chose sous le granite; et on ne peut

le considérer, au moins dans tous les cas, comme la base du règne minéral, ou comme le corps qui supporte tout le reste. Dans ce système, le granite n'est donc pas plus la roche primitive que dans celui du docteur Hutton.

Mais Dolomieu se rapproche de plus en plus de la théorie Huttonienne; car il suppose que, sous la croûte dure et solide du globe, il y a une sphère de pierre fondue, d'où est venue la lave basaltique. Le système de la chaleur souterraine est ici adopté dans toute son étendue, et sous la forme la plus susceptible de l'objection suivante : L'existence de cette chaleur dans le moment actuel, et dans un degré capable de fondre des roches, les conserve donc dans un état de fusion. D'après cette conclusion, les deux théories sont parfaitement d'accord : et, si elles le sont, c'est uniquement parce que la nature des choses les a forcées à se réunir, en dépit de la différence de leurs principes fondamentaux.

On doit considérer ceci comme une forte preuve que les phénomènes connus des minéralogistes suffisent pour justifier les efforts faits pour former une théorie de la terre, et sont de nature à conduire aux mêmes conclusions, par tout où non seulement il n'existe pas un accord convenu, mais même où il se trouve une opposition marquée. J'ai d'ailleurs observé qu'il y a entre les théories une plus grande tendance à se rapprocher, qu'entre les auteurs de ces théories.

Une autre circonstance digne de considération, c'est que dans les recherches des

Neptunistes, pour trouver des faits favorables à la formation aqueuse des minéraux, à peine en rencontrons-nous un seul que l'auteur du système que nous expliquons n'ait pas connu. Les apparences sur lesquelles Werner a basé son opinion au sujet des basaltes, et dont il se sert pour exclure l'action du feu dans leur formation, sont toutes comprises dans l'alternation de cette roche avec les lits, ou les strata d'origine évidemment aqueuse. Ces apparences étoient familières au docteur Hutton, et s'expliquent facilement par sa théorie, pourvu qu'on admette les effets de la compression. D'après cela et d'autres circonstances, je suis disposé à croire que les grands faits qui ont rapport à chaque système géologique, sont maintenant connus, et que ce n'est pas trop se hasarder que de dire qu'une théorie qui explique tous les phénomènes connus, rendra raison de ceux qui nous restent encore à connoître (*a*).

(*a*) Le rédacteur du Moniteur, 27 juin 1812, me paroît bien éloigné des raisonnemens et des conclusions du docteur Playfair. L'opposition d'opinion est ici trop marquée, pour que je ne mette pas sous les yeux du lecteur les moyens de la juger.

M. Bernard, docteur en médecine, a traduit de l'Italien, l'*Introduction à la Géologie ou à l'Histoire de la Terre*, de M. Scipion Breislak. En rendant compte de cet ouvrage, le Rédacteur dit : « La science que l'on nomme aujourd'hui *Géologie*, étant considérée dans son ensemble, a pour objet de déterminer, d'après l'état présent de la terre, quel a été son état passé ; elle se propose d'expliquer comment la terre s'est formée ; si elle a d'abord été solide ou liquide, ou si c'étoit simplement une masse de vapeurs qui se sont depuis condensées en se refroidissant : elle doit donc ensuite déterminer comment et dans quel ordre les diverses substances qui composent notre globe, se sont formées ensemble ou successivement. De là, passant aux phénomènes de la vitalité,

Il a étéun temps, et qui n'est pas encore bien éloigné, où les principes les plus importans,

---

il faut qu'elle explique la présence des corps organisés sur la surface de la terre, qu'elle dise s'ils y ont toujours existé, ou s'ils ont paru après les corps de substances inorganiques, et qu'elle fixe alors l'époque où ils ont commencé à paroître. Il faut qu'elle décide s'ils ont toujours été tels qu'ils sont aujourd'hui, ou s'ils ont changé, et quelles ont été les causes subites ou progressives de ces changemens : enfin elle doit nous apprendre si leur état actuel et celui du globe est encore un état passager, ou s'il est permanent et durable.

» Pour résoudre complettement toutes ces questions, il ne faudroit rien moins qu'avoir assisté à la création du monde, et avoir suivi d'un œil éternel toutes les révolutions que notre globe a pu éprouver. Dans l'ignorance où nous sommes de ce qui s'est passé avant l'époque récente des temps historiques, ne connoissant les forces de la nature que par ce qu'elle nous en laisse apercevoir dans l'équilibre où elle se trouve aujourd'hui, ne pouvant avoir d'idées que celles qui naissent des phénomènes observés, ni concevoir un état de choses ou un système d'organisation qui ne soit calqué que sur ce que nous avons vu ; enfin n'ayant encore découvert qu'un très-petit nombre de propriétés physiques des corps, ayant à peine effleuré la première écorce qui recouvre notre globe ; comment pourrions-nous raisonnablement attaquer de pareilles questions, et déduire d'un petit nombre de données incomplettes, et souvent inexactes, les détails de phénomènes ainsi composés? Aussi la géologie, comme toutes les spéculations qui portent sur des choses inconnues, est-elle le plus vaste champ des conjectures et des hypothèses; et, comme la probabilité des erreurs croît avec le nombre des suppositions, dans une proportion très-rapide, il s'ensuit qu'à prendre un auteur quelconque de géologie au milieu de son système, il y a presque l'infini à parier contre un, qu'il n'est plus dans le chemin de la vérité. Cependant, à travers tous ces systèmes, on voit percer plusieurs phénomènes généraux que l'observation constate d'une manière irrécusable : on trouve dans l'arrangement des couches quelques lois dont l'application, étendue avec sagacité, mais limitée avec sagesse, est ensuite presque constamment confirmée par l'expérience. Les débris d'êtres organisés que ces couches renferment, étant exhumés, décrits, étudiés avec soin, nous apprennent, par la nature de leur organisation, quelle a dû être celle du milieu où ils vivoient, si c'étoit une mer, ou une terre solide, ou des lacs d'eau douce : leur superposition nous indique l'ordre dans lequel ont dû se succéder les événemens qui les ont ensevelis. Enfin les ossemens des animaux fossiles, étant

renfermés dans la théorie de Hutton, non seulement n'étoient pas connus, mais même

---

rassemblés et ressuscités, pour ainsi dire, par la main de l'anatomiste habile, nous indiquent, par leur comparaison avec ceux d'aujourd'hui, les rapports et leurs différences de notre monde actuel. avec cet ancien état de choses où probablement l'homme n'existoit pas.

» Rassembler ces traces mémorables des premiers âges; développer les conséquences auxquelles elles semblent conduire; les discuter et en fixer la probabilité; séparer ainsi ce qui est connu de ce qui est incertain, et de ce qu'il nous est jusqu'à présent impossible de connoître; établir enfin ce que, dans l'état actuel de nos connoissances, on peut entrevoir des lois positives, relativement à la constitution du globe terrestre, et aux catastrophes qui l'ont agité; tel devroit être aujourd'hui, à ce qu'il me semble, le but d'un ouvrage de géologie. C'est ce qu'il nous paroît aussi que M. Breislak n'a pas fait. Mais, si son ouvrage n'a pas le genre de mérite que nous serions portés à regarder comme le premier dans cette matière encore inabordable, il ne laissera pas d'être intéressant par le grand nombre de faits qui s'y trouvent rapprochés; il le sera par les difficultés même que l'auteur éprouve à les déduire d'un seul système; il le sera surtout par les objections solides qu'il oppose aux autres systèmes par lesquels on a jusqu'à présent essayé de les expliquer; car les géologues sont toujours admirables quand ils combattent les conjectures des autres géologues; ils ne fóiblissent que lorsqu'ils veulent proposer les leurs.

» M. Breislak expose d'abord les opinions par lesquelles on a voulu expliquer la forme elliptique du sphéroïde terrestre, et sa fluidité primitive, rendue infiniment probable par cette configuration même. M. Deluc, un des géologues les plus célèbres, veut que le globe terrestre n'ait été fluide que jusqu'à une certaine profondeur. Les matières qui composoient cette couche artificielle étoient dissoutes dans l'eau. En se desserrant, elles ont naturellement pris la forme elliptique, déterminée par les lois de la pesanteur combinée avec la force centrifuge. Dolomieu, au contraire, supposoit toute la masse de la terre originairement fluide; et, suivant lui, cette fluidité subsisteroit encore dans les parties voisines du centre. La surface seule, s'étant consolidée, auroit formé une couche ferme, une sorte de croûte sur laquelle nous habitons. Enfin, Buffon admet aussi la fluidité primitive du globe; mais il la suppose produite par le moyen du feu. Cette opinion, opposée à celle de M. Deluc, dans son principe comme dans ses conséquences, a jusqu'à présent partagé les géologues en deux parties; je dirai presqu'en deux

ne laissoient point l'espoir de l'être. C'est avant la découverte du caustique produit dans

religions irréconciliables : les Neptuniens, qui font tout par le moyen de l'eau ; et les Vulcaniens, qui font tout par l'action du feu.

» M. Breislak est un Vulcanien mitigé; et son opinion, étant moins exclusive, a par conséquent plus de chances pour elle. Il admet, à la vérité, le feu pour le premier dissolvant des substances terrestres dans l'origine; mais il emploie aussi postérieurement et secondairement le secours de l'eau, pour produire de grandes révolutions. En sa qualité de Vulcanien, il porte des coups terribles aux conjectures de M. Deluc. Il paroît que ce qui embarrasse sur-tout les Neptuniens, c'est de savoir où trouver une quantité d'eau suffisante pour dissoudre une portion considérable du globe terrestre, sur-tout pour dissoudre des substances que l'eau ne dissout point aujourd'hui ? ou du moins dont elle ne se décharge qu'en quantité infiniment petite. Pour éloigner cette difficulté, M. Deluc conçoit le noyau terrestre comme contenant, à sa surface, d'immenses cavernes, d'abord vides, mais dont les voûtes, s'enfonçant sous le poids des eaux, en ont absorbé une grande partie, et ont mis à découvert les portions qui forment aujourd'hui nos continens. A cela M. Breislak oppose, avec raison, que, si le centre de la terre étoit formé d'eau, sa densité seroit plus petite que ne l'indiquent les attractions des montagnes, et les expériences du Cavendish, sur la densité de la terre. Il élève encore plusieurs autres objections très-fortes, tirées de la contradiction de cette hypothèse avec les phénomènes que l'on observe, ou même de l'impossibilité d'en découvrir les conséquences. Il combat avec avantage les objections élevées, par les Neptuniens, sur l'impossibilité de concevoir des cristallisations formées ailleurs que dans un liquide; et il leur cite les belles expériences de M. Stall, qui prouvent, par le fait, que l'on pouvoit produire des cristaux de marbre et d'autres substances, en liquéfiant ces substances par l'action du feu, et les tenant en même temps comprimées avec assez de force pour s'empêcher de s'étendre. Il réfute en même temps l'idée du *fluide cahotique* de Kirwan, qui considère la terre comme formant dans l'origine une masse fluide très-chaude, où tous les élémens des substances étoient mêlés et confondus, mais dont les diverses parties se sont réparées peu à peu les unes des autres par des précipitations successives : enfin, M. Breislak vient à proposer son propre système. Il considère la masse terrestre comme ayant été primitivement fluide par le moyen du feu. Il suppose qu'une partie de ce feu a été absorbée par les combinaisons solides, liquides ou gaseuzes, qui se sont formées. De là un refroidissement qui a d'abord commencé par la surface

la

la pierre calcaire par son exposition au feu, et lorsqu'on ignoroit que cet effet venoit du

---

extérieure, en se propageant vers le centre; mais cependant les matières encore fluides, recouvertes par cette enveloppe, continuant à former des combinaisons, durent dégager aussi, par intervalles, de grands volumes de gaz qui, soulevant la croûte solide, la déchirant, et en renversant les débris sur eux-mêmes, ont pu produire toutes les inégalités que nous observons aujourd'hui. Outre cela, dit M. Breislak, il est très naturel de penser qu'il se développoit ainsi des torrens de matière électrique qui, se trouvant hors d'équilibre, aura été fulminante; et, par sa rencontre avec le gaz oxigène et hydrogène, il se sera opéré des détonations, des explosions, et des formations d'eau. Ces gaz, qui, ayant de l'affinité avec l'eau, étoient attirés par elle, se séparoient de l'atmosphère, et étoient remplacés par d'autres substances gazeuses, provenant du globe qui commençoit à se solidifier. L'eau qui tomboit sur la surface terrestre encore embrasée, étoit réduite en vapeurs qui, réunies aux autres vapeurs aqueuses, produites dans le globe, accroissoient le désordre de l'atmosphère, et modifioient le mouvement de l'électricité; et le jeu terrible de l'électricité fulminante, des fleuves d'eau qui se précipitoient de l'atmosphère, des masses de vapeurs qui s'élevoient de la terre, et des torrens impétueux de gaz qui sortoient du globe, a dû continuer jusqu'à ce que toute la superficie consolidée et refroidie eût acquis un degré fixé de consistance et de dureté. Peut-être tel est encore l'état de quelques planètes; et les poëtes nous en ont transmis une image dans l'allégorie du chaos.

» Je ne voudrois pas répondre que les choses se fussent passées de point en point comme le veut ici l'auteur. Il est bien difficile de dire au juste ce qui doit arriver dans un bouleversement pareil, et lorsque nous avons tant de peine à démêler dans nos creusets les jeux des affinités de deux ou trois substances que nous y avons mêlées nous-mêmes, il me semble peu probable que nous puissions deviner des phénomènes incomparablement plus compliqués par le nombre et l'état des substances qui concourent à les produire. Combien d'effets peut-on imaginer, par exemple, du potassium et du sodium, que l'on ne pouvoit pas même soupçonner avant que ces métaux fussent découverts! Et combien nous reste-t-il encore de découvertes pareilles à faire, avant de connoitre toute la nature! Or une seule substance qui nous échappera, peut changer toutes nos idées, et renverser toutes nos combinaisons. Ayons donc patience, et usons avec sagesse de ce que nous savons; prenons franchement le parti de dire, *je ne sais pas*, sur ce que nous ne savons point.

» Quoi qu'il en soit, M. Breislak, poursuivant le développement de son système, en fait l'application à la formation successive

dégagement d'un certain fluide aérien, qui auparavant faisoit partie intégrante de la

---

des roches, des pierres, des métaux, des vallées des montagnes, et en général des terrains *primitifs*, c'est-à-dire, qui, ne contenant point des restes de corps organisés, peuvent être considérés comme antérieurs à leur existence. De là, passant aux terrains secondaires, produits d'une formation plus récente, il décrit les différentes sortes de végétaux et d'animaux que l'on y a jusqu'à présent découvertes, et qui toutes se rapportent ou à des espèces inconnues, ou à des espèces qui vivent aujourd'hui loin des contrées où leurs dépouilles ont été enfouïes. Ce grand phénomène, que les travaux de MM. Blumenbach et Cuvier ont mis dans le plus grand jour, et qui a conduit ces illustres anatomistes à des conséquences si positives et si remarquables, est en effet le point capital, le nœud de la géologie, puisqu'il tient à des circonstances générales parfaitement constatées, et qui sont pour nous les plus intéressantes, parce qu'elles sont les moins éloignées. M. Breislak expose les diverses conjectures par lesquelles on a essayé d'expliquer ces phénomènes, soit en les attribuant à un déplacement progressif de la mer, soit en les regardant comme les effets de catastrophes subites et imprévues. Il faut voir ce que ces conjectures ont de faux ou de hasardé; et, quoique celle de Buffon, qui suppose une diminution progressive des mers, lui paroisse la plus vraisemblable, en la rectifiant en quelques points, cependant il ne se dissimule pas qu'elle est loin de satisfaire à tous les détails des observations faites sur les fossiles dans ces derniers temps.

» M. Breislak décrit ensuite les phénomènes volcaniques. Il discute les opinions des géologues qui ont voulu expliquer la nature des volcans, et qui les ont regardés comme une des causes principales des bouleversemens qu'a subis le globe terrestre. Il ne partage point cette dernière opinion, qui lui semble exagérer la force des volcans au delà de la réalité. Il combat de même les suppositions de quelques géologues, qui veulent que tous les volcans aient une communication souterraine avec la mer, et que cette communication soit même nécessaire à leurs éruptions; il aime mieux attribuer ces terribles effets à d'immenses amas de pétrole et d'argile bitumineuse qu'il enflamme par le moyen de l'étincelle électrique. C'est aux géologues à juger cette opinion; mais je ne doute point que, parmi ceux que M. Breislak a réfutés dans cet ouvrage, il ne trouve bientôt quelque adversaire qui le réfute à son tour.

» Enfin, il termine son Traité par une discussion sur la nature des basaltes, de ces amas de matières semblables à des laves cristallisées, formés de prismes accollés les uns aux autres par leurs pans avec une régularité telle, qu'on les prendroit pour l'ouvrage

pierre. Il n'étoit pas possible alors de voir que cette partie aérienne pouvoit être retenue

---

de l'art, s'il n'étoit pas impossible que la main de l'homme eût jamais façonné d'aussi grandes masses. C'est une question longuement et vivement débattue parmi les géologues, que celle de la formation des basaltes. Les uns veulent qu'elles soient le produit de l'eau, d'autres le produit du feu : voilà toute la dissemblance qui se trouve entre leurs opinions. M. Breislak se décide pour l'origine ignée, et il défend les Vulcaniens des attaques que leur ont faites à ce sujet les Neptuniens, leurs mortels ennemis. Le résultat le moins douteux que l'on puisse obtenir de cette opposition directe entre des hommes, parmi lesquels il s'en trouve d'un très-grand mérite, c'est le peu de certitude des indices qu'ils ont pour remonter à des événemens si éloignés.

» L'ouvrage de M. Breislak sera lu avec intérêt, même par ceux qui ne le liront pas dans l'intention de le combattre. On y trouve beaucoup de faits rassemblés ; ces faits sont ordinairement dégagés des hypothèses par lesquelles l'auteur veut les expliquer, et ces hypothèses elles-mêmes sont présentées avec le caractère du doute. L'auteur semble être un sincère ami de la vérité, qui cherche à la deviner par des conjectures, quand il ne peut la découvrir directement. Les géomètres le trouveront trop hasardeux, et les géologues trop timide. Nous n'avons pas eu l'occasion de comparer l'original avec la traduction : toutefois celle-ci paroit faite avec soin ; elle est écrite clairement et simplement.

Nous ne pouvons terminer cet article relatif à la constitution physique du globe terrestre, sans rappeler les idées auxquelles les considérations astronomiques ont conduit le célèbre auteur de la mécanique céleste. La direction des mouvemens de translation et de rotation, commune à toutes les planètes et à leurs satellites, rend extrêmement probable que tous ces mouvemens ont été produits par une même cause, qui devoit s'étendre dans tout l'espace où se trouvent aujourd'hui ces corps. Buffon a supposé que cette cause étoit le choc d'une comète, qui, en tombant sur le soleil, en a chassé un torrent de matière, dont nos planètes se sont formées. Cette hypothèse donneroit, en effet, des corps qui se mouvroient à peu près sur un même plan dans la direction du torrent de matière qui les auroit produits ; mais elle n'explique point la coïncidence des mouvemens de rotation et de translation ; et, si les périhélies des orbites pouvoient être écartés du soleil par l'effet des attractions réciproques, leurs excentricités auroient dû être fort grandes, ou du moins le contraire n'auroit pu arriver pour toutes les planètes que par le hasard le plus improbable.

» Après avoir détruit cette hypothèse de Buffon, M. Delaplace en propose une autre plus conforme aux phénomènes. *La consi-*

par la pression même, malgré l'action du feu, et que dans une région où il existe une forte

---

dération des mouvemens planétaires le conduit à penser qu'en vertu d'une chaleur excessive, l'atmosphère du soleil s'est primitivement étendue au-delà des orbes de toutes les planètes, et qu'elle s'est resserrée, successivement, jusqu'à ses limites actuelles. En abandonnant, dans le plan de son équateur, des zones de vapeurs qui ont pu, par le refroidissement, former des globes et des anneaux liquides ou solides autour du corps central, ce mode de formation explique la direction commune des mouvemens de circulation, qui se trouve être la même que celle du mouvement de rotation du soleil : combiné avec l'effet des attractions réciproques, il donne des mouvemens de rotation également dirigés dans ce même sens. Enfin, il explique pourquoi toutes les comètes que nous observons ont des orbites extrêmement excentriques, sans aucun intermédiaire qui les lie avec les planètes. Il est sensible, en effet, que toutes les comètes qui ont traversé l'atmosphère du soleil à cette époque, ont dû perdre leur mouvement par la résistance, et tomber enfin dans cet astre : de sorte que les seules comètes maintenant visibles, sont celles qui se trouvoient alors au-delà de cette atmosphère, à de grandes distances dans l'espace. L'hypothèse de M. Delaplace satisfait ainsi à tous ces phénomènes astronomiques. L'extension qu'il suppose à l'atmosphère du soleil est analogue à l'accroissement subit et passager qu'ont pris tout-à-coup certaines étoiles, telles que celles qui parurent en 1572, dans la constellation de Cassiopée. Enfin, les observations récentes de M. Herschell, sur la configuration et la nature des nébuleuses, confirment encore les vues de M. Delaplace; car ce célèbre astronome croit avoir reconnu, dans un grand nombre d'entre elles, des points brillans, et, pour ainsi dire, des centres d'attraction, vers lesquels le reste de la matière de la nébuleuse semble tendre et se condenser. Si l'on joint à ces idées la possibilité, récemment démontrée par M. Lagrange, que les comètes aient été formées par des planètes qui, en vertu d'une explosion extérieure, se seroient brisées en plusieurs morceaux, on aura tout ce que l'astronomie a indiqué de plus probable relativement à la première formation des corps planétaires; et il est curieux de voir comment les indications vont se joindre avec les observations que les géologues ont faites sur la surface du globe terrestre, et sur-tout avec les belles expériences de M. Hall, sur les effets de la chaleur modifiée par la compression.

» Il est encore une autre manière d'avancer la géologie, en la renfermant dans ses bornes, en l'établissant sur des observations précises, nombreuses, et en étendant les conséquences des

compression, l'absence de caustique n'étoit point une preuve de la non application d'une grande chaleur. Ainsi, les découvertes du docteur Black marquent une époque avant laquelle il étoit impossible aux hommes de juger la nature des forces qui ont agi dans la consolidation des substances minérales. Ces découvertes étoient réellement destinées à produire un changement remarquable dans la chimie, et dans toutes les branches des connoissances qui s'y rapportent; elles ont été le mobile de ces progrès brillans qui ont élevé une collection de règles pratiques, et des faits isolés, au rang d'une science très-parfaite. Mais, avant même qu'elles eussent expliqué la nature du gaz carbonique, et son affinité avec la terre calcaire, je ne sais pas si la Théorie du docteur Hutton n'étoit pas faite, au moins en partie, quoique, même dans son opinion, elle dût certainement rester exposée à de grandes difficultés. Son génie, actif et pénétrant, aperçut bientôt, dans les expériences du docteur Black, la solution de ces

---

faits observés dans les seules limites que ces faits embrassent. C'est ce que viennent de faire MM. Cuvier et Brongniart, dans le grand et utile travail qu'ils ont publié, parmi les Mémoires de l'Institut pour 1810, sur la géographie minéralogique des environs de Paris. »

Le lecteur, qui n'aime pas qu'on interrompe sa lecture par des citations, me pardonnera, j'espère, la longueur de quelques-unes des miennes, s'il veut bien se souvenir que j'ai travaillé surtout pour des jeunes gens qui ne peuvent pas toujours entretenir leur ardeur pour la science, par l'acquisition des ouvrages qui en traitent, ni même par la lecture des journaux qui donnent l'extrait de ces ouvrages.

(*Note du Traducteur.*)

difficultés; et il forma une combinaison de principes qui lui a donné les moyens d'expliquer les apparences les plus énigmatiques de l'histoire naturelle de la terre.

Comme nous ne sommes pas très-éloignés du temps où nos connoissances chimiques étoient trop imparfaites pour donner une explication satisfaisante des phénomènes de minéralogie, il n'est point hors de vraisemblance que nous approchions d'autres découvertes qui répandront une nouvelle lumière sur cette science. Il seroit pourtant étrange de dire, qu'il faut attendre que ces découvertes soient faites avant que nous commencions à nous occuper des raisonnemens théoriques. Si on suivoit cette marche, nous ne connoîtrions jamais les points foibles de notre science; et, en supposant que nous trouvassions des remèdes à ces imperfections, serions-nous en état d'en faire l'application? Une pareille conduite n'annonceroit que de la timidité, et un excès de prudence nuisible à toutes les études philosophiques.

La vérité est que, dans les recherches physiques, le travail d'une théorie doit aller avec celui de l'observation, et être conduit en même temps, sur-tout si la matière est très-compliquée, car alors le fil d'une théorie est nécessaire pour diriger l'observateur. Quoiqu'un homme puisse commencer à observer, indépendamment de toute hypothèse quelconque, il ne continuera pas long-temps sans reconnoître l'origine de quelques conclusions générales; et c'est à lui à faire attention

à cette théorie naissante, parce qu'en cherchant soit à l'approuver, soit à la blâmer, il est conduit à de nouvelles expériences et à de nouvelles observations. Il est aussi conduit à ces expériences et à ces observations, qui sont de la plus grandes importance, telles que celles *instantiae crucis*, véritables *criteria* qui se présentent naturellement d'eux-mêmes pour servir d'épreuves à chaque hypothèse. Il est mené dans les lieux où les transitions de la nature sont les plus visibles, et où l'absence des circonstances passées, et la présence de nouvelles, excluent l'action des causes imaginaires. Par cette correction d'une première opinion, un nouveau pas est fait vers la vérité; et par la répétition du même procedé on arrive enfin à quelque certitude. Ainsi la théorie et l'observation se prêtent des secours mutuels; et l'esprit de système, dont on se plaint avec tant de justice, paroît néanmoins le principe vivifiant des recherches d'induction. Une sage philosophie ne doit pas chercher à éteindre cet esprit, mais à le restreindre et à diriger ses efforts.

Il est donc très-nuisible aux progrès des sciences physiques, de représenter l'observation et la théorie comme opposées l'une à l'autre. Bergman a dit: « *Observationes veras quam ingeniosissimas fictiones sequi praestat; naturae mysteria potius indagare quam divinare.* »

Si l'on veut dire simplement par là, qu'il vaut mieux avoir des faits sans théorie qu'une théorie sans faits, et qu'il est plus sage d'étu-

dier les secrets de la nature que de les deviner, tout le monde adoptera la vérité de cette maxime ; mais, s'il faut comprendre, comme quelques-uns l'ont déjà fait peut-être, que toute théorie est une pure fiction, et que la seule alternative qu'ait un philosophe, est de se livrer lui-même à l'étude des faits qui ne sont pas rattachés par la théorie, ou à l'étude de la théorie qui ne s'appuie pas sur des faits; cette maxime est aussi éloignée de la vérité, que je suis convaincu qu'elle l'est du sens réel de Bergman. Une pareille opposition, entre les rôles du théoriste et de l'observateur, ne peut se rencontrer que lorsque le travail du premier est vague et indéterminé, et qu'il ne forme pas un ensemble visible pour le dernier. Mais le philosophe qui est arrivé à sa théorie par une régulière généralisation des faits, et qui peut en tirer des conclusions aussi évidentes que l'expérience, donne des moyens infaillibles de distinguer la science parfaite de la fiction ingénieuse. Dans ses détails sur le granite, le docteur Hutton nous a donné le meilleur modèle d'une théorie fondée sur le double témoignage des méthodes analytique et synthétique. Les apparences qu'il a remarquées dans cette pierre l'ont conduit à conclure, qu'elle avoit été fondue et injectée, pendant sa fluidité, dans les roches stratifiées déjà formées. Il a donc considéré que, si cela étoit vrai, les veines de granite avoient dû souvent s'échapper des masses plus volumineuses de cette pierre, et pénétrer les strata dans des

directions différentes ; et cela doit être visible dans les lieux où ces différentes espèces de roches viennent en contact l'une avec l'autre. Ceci l'a porté à examiner avec attention, à Arran et à Glen-Tilt, les phénomènes en question ; le résultat, comme nous l'avons vu, procure à sa théorie la confirmation la plus complette, et à lui-même la satisfaction qui doit toujours accompagner le succès d'un travail judicieux et fait de bonne foi.

On ne peut nier pourtant que l'impartialité d'un observateur ne puisse souvent être influencée par l'esprit de système ; mais c'est un malheur qu'on n'évite pas toujours par le manque de théorie (*a*). La partialité en

---

(*a*) « *Il existe, entre* LA THÉORIE *et le* SYSTÈME, *une différence qu'il importe d'apprécier. La théorie consiste à lier les faits entre eux, et à les ramener à un ou deux faits principaux, dont il ne soit jamais permis de révoquer en doute l'existence. Le système embrasse un ensemble de phénomènes qu'il plie avec effort à un principe imaginaire, ou qui du moins n'est point encore avoué par la nature.*

» Il est toujours permis, dit un critique, de révoquer en doute, et d'examiner de nouveau le principe d'une théorie. Le système n'embrasse pas un *ensemble*, mais l'ensemble tout entier des phénomènes connus.

» *Le* SYSTÈME *ne jette qu'une fausse lueur sur la route du physicien, le conduit d'erreur en erreur, de précipice en précipice, et l'éloigne toujours d'avantage des vrais sentiers de la nature.*

» Cette phrase semble condamner trop généralement l'emploi des hypothèses, proprement dites, qui peuvent souvent servir à découvrir de nouveaux points de vue, en donnant l'idée de nouvelles expériences. Une hypothèse n'est jamais dangereuse, lorsqu'elle n'est mise en avant que comme une méthode d'interroger la nature.

Journal de l'Empire, 13 *juillet* 1813, *sur le Discours préliminaire de M. Libes, dans son Traité complet et élémentaire de physique.*

» Toute théorie suppose des faits dont elle est le lien ; ce lien

faveur d'une opinion n'est pas plus dangereuse que les préjugés qui sont contre elle ; car tel est l'esprit de système, et les notions de tous les hommes tendent si naturellement à prendre une forme régulière, que l'idée qu'il n'existe pas de théorie, devient elle-même une théorie, qui peut avoir beaucoup d'autorité sur l'esprit d'un observateur. D'ailleurs, il est impossible qu'un homme ait autant de plaisir à démolir, qu'un autre en a à bâtir ; et il choisira la manière d'exercer son adresse dans une occupation aussi bien que dans l'autre. Le manque de théorie donc n'est point une garantie de la bonne foi d'un observateur, et doit diminuer beaucoup son industrie. La discipline qui paroît la mieux calculée pour être utile à l'une et à l'autre, est la connoissance des méthodes qui mènent aux recherches d'induction, celle de l'histoire des découvertes physiques, et l'étude approfondie

---

peut être fort mal tissu, ou fort mal attaché : d'où il arrive plus d'une fois que, ces faits étant vrais, la théorie se trouve fausse. On auroit donc tort de confondre la certitude des faits avec celle de la théorie. La première de ces deux choses est fort indépendante de la seconde ; et, bien que la seconde ne le soit pas de la première, du moins ne peut-elle pas altérer la nature, pas plus que l'infidélité d'un portrait ne peut dénaturer les qualités de l'original.

» Quel parti faut-il donc prendre ? Celui d'écarter toutes les théories, et de démontrer, non pas dans un simple récit, mais dans toute la force de leur réalité, les faits qu'on a découverts, et sur lesquels on ne cesse d'appeler les yeux. Si vous avez ces faits, vous avez tout ; la théorie suivra seule : car ce n'est point à la théorie de prouver les faits, mais aux faits de prouver la théorie, et de la donner, pour ainsi dire, avec eux-mêmes. » *Journal de l'Empire.*

(*Note du Traducteur*).

de ces sciences dans lesquelles on a appliqué avec le plus de succès les règles de l'art de philosopher. La plus légère attention, fixée sur les phénomènes du règne minéral, suffit pour nous convaincre que l'état de la surface de la terre n'a pas été dans tous les temps tel qu'il est dans le moment présent. Lorsque nous observons les impressions des plantes dans l'intérieur des rocs les plus durs; lorsque nous découvrons des arbres convertis en flint, et des lits entiers de pierres calcaires ou de marbres, composés de coquilles et de coraux, nous voyons le même individu dans deux états absolument différens. Le dernier exemple est sur-tout une preuve évidente que le sol que nous habitons aujourd'hui, a été couvert autrefois des eaux de l'Océan. Si nous ajoutons à cela que les différentes masses de roches les plus solides et les plus compactes, ne sont composées que de sable et de gravier; que, d'un autre côté, le gravier tel qu'il est dans le lit des rivières, ou sur les bords de la mer, est en abondance maintenant dans des lieux fort éloignés de l'un et de l'autre : si nous réfléchissons, en même-temps, à la forme irrégulière et brisée de nos continens, à l'identité des couches minérales sur les côtés opposés de la même vallée, ou de la même entrée de la mer (*a*); nous avons beaucoup de motifs pour conclure que la terre a été le

---

(*a*) On lit, dans le dernier volume des *Transactions* de la Société géologique de Londres, des *Observations* fort étendues de M. Par-

théâtre des plus grandes révolutions, et que rien sur sa surface n'a été exempt de leurs effets.

---

kinson, membre de la Société, *sur quelques-unes des couches qu'on remarque dans les environs de Londres*, et sur les fossiles qu'on y trouve.

« En comparant, dit l'auteur, l'esquisse qui précède avec l'essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, par MM. Cuvier et Brongniart, on découvre quelques différences essentielles dans les couches supérieures à celles de craie, comparées en Angleterre et en France. Dans cette dernière contrée, ces couches diffèrent, soit par le nombre, soit par leur nature, de celles qu'on a observées jusqu'à présent dans une situation pareille en Angleterre. On voit aussi en France plusieurs couches de sable et de grès encore supérieures aux couches de gravier, qui dans notre île paroissent être au-dessus de toutes les autres.

» La première de ces différences peut être sur-tout attribuée à l'existence d'un nombre d'accidens qui ont produit des entassemens locaux : par exemple, l'existence de certains lacs d'eau douce ou salée, à la période où les eaux de l'ancien Océan ont disparu; les diverses combinaisons chimiques auxquelles cette circonstance a pu donner lieu, etc. Mais ces différences locales ne peuvent guère être considérées comme interrompant la continuité de la stratification; et si l'on considère que les occasions d'examiner la stratification immédiatement supérieure à la craie, sont bien plus fréquentes en France qu'en Angleterre, on pourra regarder comme probable qu'il existe aussi, dans notre île, des accidens du même genre, dont la découverte tendroit à rapprocher le système de stratification dans les deux contrées. L'examen déjà fait établit l'identité du banc de craie en France et en Angleterre. On trouve aussi dans ce dernier pays, supérieurement à la craie, des dépôts particuliers de glaise plastique, comme dans les couches de France : il y a aussi des bancs accidentels de grès grossier, avec son sable et ses coquillages fossiles, comme on en trouve dans les couches françaises correspondantes.

» L'autre différence, c'est-à-dire, l'existence des couches de sable et de grès au-dessus des couches de gravier de France, lesquelles en Angleterre sont supérieures à toutes les autres, est un fait très-remarquable. Ne pourroit-on point l'attribuer à cette même crise violente dont on a déjà cité tant d'exemples, et qui, en séparant les deux pays, aura pu enlever à la surface du nôtre telles couches qu'on retrouve encore çà et là sur le continent? » *Moniteur* 9 *avril* 1813.

(*Note du Traducteur.*)

Tracer la suite de ces révolutions, expliquer leurs causes, et lier ainsi ensemble toutes les indications de changement qu'on trouve dans le règne minéral : voilà le seul objet d'une théorie de la terre.

La connoissance superficielle des phénomènes géologiques peut bien attirer l'attention des hommes vers la théorie de la terre ; mais la fondation d'une théorie, telle que celle dont nous allons nous occuper, exige l'examen scrupuleux et étendu de ces phénomènes, travail qui ne convient qu'à un homme très-versé dans les sciences physiques. Il n'y a peut-être pas, dans ces sciences, de recherches plus pénibles que celles-ci ; il n'y en a pas dont le sujet soit si compliqué ; dont les apparences soient si diversifiées, si dispersées, et dont les causes agissantes soient si éloignées de la sphère d'une observation ordinaire. De là vient que les essais qu'on a tentés, pour former une théorie de la terre, sont d'une origine très-moderne, et que, comme l'astronomie est la plus ancienne des sciences à cause de la simplicité de son sujet, de même la géologie est la plus moderne à cause de la complication du sien.

Le but que je me propose ne me permet pas de tracer l'histoire des systèmes qui, depuis l'origine de cette branche de connoissance, ont été inventés pour expliquer les phénomènes du règne minéral. Il suffit de remarquer que ces systèmes sont réduits ordinairement à deux classes selon les effets qu'ils attribuent à l'eau ou au feu dans la

formation des corps terrestres. Aussi, conformément à cette division, leurs sectateurs ont reçu depuis peu le nom plaisant de *Vulcanistes* ou de *Neptunistes.* Le docteur Hutton appartient beaucoup plus aux premiers qu'aux seconds : néanmoins, comme dans son système il reconnoît l'action du feu et de l'eau, à proprement parler, il ne peut être d'accord avec aucune des deux divisions.

Dans le compte succinct que je vais rendre de ce système, je considérerai le règne minéral comme divisé en deux parties, savoir, les substances stratifiées, et celles non stratifiées. Je traiterai d'abord des phénomènes propres aux corps stratifiés, ensuite de ceux qui sont particuliers aux corps non stratifiés; et enfin des phénomènes communs aux uns et aux autres. En commençant donc par la première partie, le sujet se divise naturellement en trois branches, savoir : *La matière*, *la solidité*, et *la position* du *stratum.*

FIN DE L'INTRODUCTION.

SECTION PREMIÈRE.

PHÉNOMÈNES PARTICULIERS AUX CORPS STRATIFIÉS.

I. *Matière des Lits ou Couches.*

1. Chacun sait très-bien qu'en (1re note) creusant la terre qui forme la surface immé-

---

(1re note) *Origine des roches calcaires.* 1. On a avancé que le docteur Hutton avoit été plus loin que ce qui est énoncé dans le 2e §, et qu'il soutenoit que toute matière calcaire devoit son origine au règne animal. Le docteur Hutton n'a pu avoir cette intention, puisqu'il évite soigneusement d'entamer une question qui est au-delà des limites des recherches philosophiques.

Dans aucun endroit il n'a traité de la *première origine* des terres, ni d'aucune autre substance, mais seulement des métamorphoses que les corps ont éprouvées, depuis que les lois actuelles de la nature ont été établies. Il considère la connoissance de ces métamorphoses comme tout ce qu'une science, fondée sur l'expérience et l'observation, peut atteindre, et il laisse volontiers à des esprits plus confians le soin de pousser le raisonnement au-delà des bornes de la nature, et de développer les propriétés fluides du chaos, avec autant de minuties dans les détails qu'ils en mettroient dans la description d'un procédé chimique dont ils auroient été témoins.

L'idée sur la matière calcaire, qui réellement appartient à la théorie Huttonienne, est que, dans tous les changemens que le globe terrestre a subis dans les siècles passés, cette matière existoit, comme à présent, sous la

diate des campagnes, on arrive à la roche solide dont une grande partie se trouve régulièrement disposée en *strata* ou lits d'une épaisseur déterminées, inclinés à l'horizon sous différens angles; mais séparés l'un de l'autre par des superficies à égale distance, qui conservent souvent leur parallélisme jusqu'à une

---

forme de roche calcaire et de marbre, ou dans la composition des autres pierres, ou dans l'état de coraux, de coquilles et d'os d'animaux. Il est peut-être vrai qu'il n'existe pas aujourd'hui sur la surface de la terre une seule particule de matière calcaire qui n'ait fait partie autrefois d'un corps animal; mais nous n'avons pas sur cela de certitude, et il nous importe peu d'en avoir. Il suffit de savoir que les marbres et les roches calcaires contiennent en général des preuves qui attestent qu'ils ont été formés de matières ramassées dans le fond de la mer : aussi la plus petite coquille, ou un morceau de corail, trouvés dans une roche, aident à reconnoître toute la masse dont ils font partie.

Le principal objet du docteur Hutton, quand il parle des masses de marbre et de pierres calcaires, comme composées de résidus de corps marins (*), a été de prouver qu'elles ont toutes été formées au fond de la mer, et de matières qui y étoient déposées. La conclusion générale est, « que tous les strata de la terre, non seulement ceux qui sont composés de chaux, mais encore tous ceux qui recouvrent les premiers, ont tiré leur origine de la mer, par la réunion du sable, du gravier, des coquilles, des coraux, des corps crustacés, des terres et glaises mélangées, ou séparées et accumulées. Telle est la conclusion générale qu'autorisent les apparences de la nature, et qui est de la plus haute importance dans l'histoire naturelle de la terre (**). »

2. Dans ses Essais de géologie, M. Kirwan dit que,

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 23, 24.

(**) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 26.

grande

grande étendue. Ces lits portent des marques si évidentes d'une disposition produite par

« quelques géologistes, comme Buffon et le docteur Hutton, ont exclu la terre calcaire des terres primitives, en avançant que les masses qui existent aujourd'hui viennent des poissons à coquilles. Mais, avec cette supposition sans fondement, que les poissons à coquilles ou d'autres animaux soient capables de produire une terre quelconque, ces philosophes auroient dû considérer que, avant l'existence d'aucuns poissons, les masses de pierre étoient enfermées dans le bassin de la mer; et que, dans leur nombre, il n'en est aucune qui ne contienne de la terre calcaire. Le docteur Hutton cherche à *éviter* cet argument, en supposant que le monde que nous habitons s'est élevé sur les ruines d'un monde antérieur, sans fixer d'époque. Si nous devons aller ainsi jusqu'à l'*infini*, je n'ai pas la prétention de le suivre; mais, s'il s'arrête quelque part, il rencontrera toujours la même objection (*). »

L'argument qu'on emploie ici seroit certainement irrésistible contre celui qui, en discutant sur la *première origine* des choses, nieroit que la terre calcaire soit aussi ancienne que les terres simples; mais il n'a rien de commun avec les recherches du docteur Hutton, qui, comme nous l'avons dit, ne s'est point occupé de la *première origine* des substances, mais seulement de leurs changemens; de sorte que ce qu'il dit des roches calcaires ne s'étend pas au delà de la preuve que ces roches ont été formées de matières libres, et déposées au fond de la mer. Ce n'a donc pas été pour *échapper* à l'argument de M. Kirwan, comme il veut nous le faire accroire plus haut, que le docteur Hutton a supposé que notre monde ait été construit des ruines d'un plus ancien, mais parce que cette opinion lui a semblé une conclusion nécessaire des phénomènes de géologie; et

(*) Essais de Géolog. pag. 13.

l'eau, qu'on les reconnoît en général comme ayant eu leur origine au fond de la mer; il est également reçu que les substances qui les composent, ont été alors dans un état de mollesse ou de divisibilité telle, que l'eau, par son mouvement, a dû les placer dans l'arrangement où elles se trouvent. Ainsi, ces lits, loin de s'accorder avec les théories de la terre, commencent ici à s'en éloigner; et chacun d'eux prend un caractère et une direction qui lui sont particuliers. Le docteur Hutton continue, en avançant cette proposition fondamentale : « Que dans les couches nous découvrons des indices de substances qui ont existé comme élémens des corps; et que ces corps doivent avoir été détruits avant la for-

---

il a tiré cette conclusion long-temps avant de connoître les objections de M. Kirwan. Celui qui examinera attentivement le sujet en question, verra dans les raisonnemens du docteur Hutton, non l'envie d'*échapper* à une difficulté, mais la prudence d'un philosophe qui renferme sa théorie dans les mêmes limites que la nature a données à son expérience et à ses observations.

Il est vrai néanmoins que le docteur Hutton s'exprime quelquefois comme s'il pensoit que les roches calcaires actuelles fussent toutes composées de résidus d'animaux (*): cette conclusion cependant est plus générale que les faits ne le démontrent, et l'auteur l'a généralisée plus encore par quelques incorrections et des expressions ambiguës, que par l'intention. L'idée des roches calcaires, comme il faut l'entendre dans toute sa théorie, est précisément celle qui est établie dans l'article précédent.

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 23.

mation de ceux dont ces substances font maintenant partie (*). »

2. Les couches calcaires sont la portion du règne minéral qui donne le témoignage le plus évident de la vérité de cette assertion. Elles contiennent souvent des coquilles, des coraux et d'autres dépouilles d'animaux marins dans une si grande quantité, qu'elles paroissent n'être composées de rien autre chose. Quoique ces restes de corps organisés soient actuellement changés en pierres ou en spath, leur forme et leur structure intérieure sont souvent si bien conservées, que l'on peut très-bien distinguer et désigner, parmi les habitans vivans de l'Océan, à quelle espèce d'animaux ou de plantes ces restes ont autrefois appartenu.

D'autres couches calcaires semblent composées de fragmens d'anciennes roches qui, ayant été brisées, se sont réunies dans une masse compacte. Dans ces fragmens nous trouvons des parties qui montrent clairement des restes d'une ancienne continuité; mais, très-éloignées maintenant l'une de l'autre, elles offrent très-exactement les mêmes apparences, comme si elles flottoient dans un fluide d'une gravité spécifique égale à la leur.

D'après cela, et d'après la variété de semblables apparences, le docteur Hutton conclut donc que les substances de toutes les couches calcaires ont été fournies ou par la dissolution

(*) Théorie de Hutton, vol. 1, pag. 20.

des premières couches, ou par les restes des corps organisés. Mais, quoique cette conclusion paroisse s'étendre à tous les lits calcaires, on n'affirme pas que chaque pouce cube de marbre ou de pierre à chaux contienne les caractères de sa première condition et des métamorphoses qu'il a subies. Cependant on peut assurer avec certitude qu'il est rare de rencontrer un lit entier, sans y trouver de pareils caractères. Ils sont décisifs en faveur de tout le système des couches auxquelles ils appartiennent; ils prouvent l'existence des roches calcaires antérieures à celles qui existent à présent : et, comme la destruction des premières est évidemment proportionnée à ce qui forme les roches que nous voyons maintenant, la recherche d'un autre supplément seroit superflue, et ne feroit qu'embarrasser notre raisonnement, en introduisant des hypothèses inutiles.

3. D'après le plus simple examen, on peut tirer les mêmes conclusions des couches siliceuses, dans lesquelles nous comprenons la pierre de sable ordinaire, ainsi que ces pierres de pudding, ou brèches, dont le quartz compose le grain. Dans tous ces exemples, il est clair que le sable ou le gravier a existé dans un état de parfaite séparation au milieu de la mer, avant sa consolidation en pierre. Mais de tels corps de gravier ou de sable n'ont pu être formés que par le brisement des grandes masses de quartz, ou par la dissolution des lits de grès, tels que ceux

qui existent à présent; car on peut assurer hardiment que le sable est une cristallisation de quartz formée de cette substance dans son passage de l'état fluide à l'état solide.

Ces pierres de pudding, dans lesquelles le gravier est rond et poli, nous engagent à porter la conclusion encore plus loin, puisque ce gravier ne peut être formé que dans le lit des rivières, ou sur les bords de la mer; car, quoique nous sachions qu'il existe des courans, l'eau ne peut pas avoir un mouvement assez rapide dans les profondeurs de l'Océan, ni produire un brisement suffisant pour donner une figure ronde et une surface polie à des fragmens de pierre durs et irréguliers (*a*). Il doit donc avoir existé non seulement une mer, mais des continens, avant la formation des lits ou couches actuelles.

Les mêmes résultats sont évidemment démontrés dans ces morceaux de bois pétrifié, où, quoique la structure végétale soit parfaitement conservée, toute la masse est siliceuse; et ces morceaux peuvent avoir été trouvés dans le cœur des montagnes, et profondément cachés dans la roche solide.

4. On trouve aussi des caractères de la même importance dans les lits composés d'argile, quoique peut-être plus rarement que dans les couches calcaires ou siliceuses. Telles

---

(*a*) J'ai trouvé à Lagan-Ulva, sur le rivage occidental de l'île Mull, et à quelques pas de la mer, quantité de zéolithes réunies, très-blanches, bien étoilées, polies, et arrondies par le roulis des eaux, quoiqu'extrêmement dures.

(*Note du Traducteur.*)

sont les impressions de feuilles et les empreintes de végétaux. On rencontre aussi très-souvent des corps de poissons et d'animaux amphibies dans les différentes espèces de schistes argileux, ayant presque toujours la figure bien conservée, mais la substance de l'animal remplacée par l'argile ou les pyrites. Tout cela forme les débris des anciennes mers ou continens. Les derniers ont disparu depuis long-temps de la surface de la terre, mais leur souvenir reste encore dans ces archives où la nature a, pour ainsi dire, enregistré les révolutions du globe.

5. Parmi les substances (11ᵉ note) bitumi-

(11ᵉ note) *Origine du charbon*. 3. L'origine végétale du charbon semble suffisamment prouvée par le raisonnement des 5 et 6ᵉ §; ce raisonnement acquiert encore de la force par ce qui est dit sur la consolidation de ce fossile aux 28 et 29ᵉ §. Le docteur Hutton, dans sa Théorie de la terre, part. 1ʳᵉ, chap. 8 (*), a traité tout à la fois, et de la matière du charbon, et de sa consolidation.

L'idée, cependant, que le charbon tire son origine des végétaux, n'est pas particulière à cette théorie, et elle est depuis quelque temps l'opinion générale. Buffon suppose que ce minéral a été formé des substances végétales et animales, dont l'huile et la graisse se sont changées en bitume par l'action des acides (**). Cet auteur est tombé dans une grande erreur, ainsi que M. Gensanne, qui a écrit l'Histoire naturelle du Languedoc. Le premier s'appuie beaucoup sur les observations du second; et, en considérant le charbon comme l'union du bitume à la terre, il oublie le seul

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 558, etc.

(**) Hist. Nat. des minéraux, tom. 1, pag. 429. Edit. in-4

neuses, le charbon de terre est la seule qui trace des lits réguliers et étendus ; et il n'y

---

ingrédient qui lui soit essentiel, c'est-à-dire, le carbone, ou le charbon de bois. Ceci peut être regardé comme la partie essentielle, parce que le charbon peut bien exister sans bitume, comme dans le charbon appelé *blind-coal*, mais non sans charbon de bois.

4. Une autre théorie du charbon, très-analogue aux principes du docteur Hutton, est celle de *Arduino*, professeur de minéralogie à Venise, dans laquelle il suppose que cette substance a été formée de résidus végétaux et animaux de la terre et de la mer, et particulièrement de cette dernière (*). Cette théorie s'accorde avec celle du docteur Hutton, qui suppose que ces résidus appartiennent à la terre et à la mer. Arduino ne paroît pas fondé en raison pour considérer la mer comme la source principale de ces matières. Ses remarques cependant sont ingénieuses, et méritent quelque attention.

Ces détails sur l'origine du charbon sont tous à peu près les mêmes. Notre théorie a cela de particulier, qu'elle établit une distinction entre le charbon commun qui n'offre point de structure ligneuse, et les variétés où se trouve cette apparence; et de plus, qu'elle explique la consolidation de l'un et des autres.

Quelques minéralogistes admettent, comme un des ingrédiens du charbon, le règne végétal, et écartent le règne animal. Ils ne peuvent résister à la conviction qui naît de la structure fibreuse que présentent des parties de strata, et même des strata entiers de charbon ; et ils ont supposé que le bois, qui a été brûlé dans un endroit de la terre, et peut-être déposé dans le fond de la mer, s'est imprégné d'un bitume auquel ils donnent une origine minérale. Cette opinion paroît être celle de Lehman et de quelques écrivains modernes. Il semble néanmoins qu'il est plus raisonnable de rap-

(*) Saggio fisico mineralogico del sig. Giov. Arduino, Atti di Siena, tom v, pag. 228, 281, etc.

a point de fossile qui porte de caractères plus distincts et plus forts d'une origine due à la

---

porter l'origine du charbon au règne végétal ou animal qu'à l'autre. Ces deux derniers sont certainement susceptibles de fournir les parties charbonneuses et bitumineuses; et les tirer d'autres sources, c'est s'appuyer sur une complication d'hypothèses au moins inutiles.

5. Il existe, en opposition à la théorie Huttonienne, une autre explication du charbon très-différente des précédentes. M. Kirwan (*), qui est le seul minéralogiste, je pense, qui ait essayé de tirer l'origine de la matière charbonneuse et bitumineuse du charbon du règne minéral, distingue le charbon ligneux du charbon minéral, et donne sur la formation du dernier une théorie entièrement neuve. Le charbon ligneux est celui dans lequel la structure ligneuse est si apparente, qu'il ne peut exister de doute sur son origine; le charbon minéral est celui dans lequel cette structure n'est point visible; et c'est le même que le docteur Hutton prétend être composé de sucs végétaux ou d'autres résidus, réduits en poussière, dispersés, portés dans la mer, et précipités de manière à s'unir à différentes proportions de terre, et ensuite à se minéraliser.

Ces deux espèces de charbon, que la théorie Huttonienne considère comme des gradations de la même substance, sont regardées par M. Kirwan comme très-distinctes, et comme deux minéraux d'une origine et d'une formation toutes différentes. En conséquence, il fait tous ses efforts pour fixer les caractères de chacun, considéré géologicalement.

6. Mais ici la distinction qui s'étend à tout le reste, et qui veut que les deux espèces de charbon ne se rencontrent jamais dans le même lit, mais toujours dans des situations diverses, et avec des lois différentes de stratification, est absolument en contradiction avec les faits. Le charbon, a-t-on dit plus haut, avec sa texture li-

(*) Essais géol. Essai 7, pag. 290.

ruine des premiers continens. Je ne dirai point que ces lits de charbon alternent avec

---

gneuse très-apparente, et le charbon sans cette structure visible, sont souvent dans la même couche, dans la même mine, et, qui plus est, dans le même échantillon (*a*). J'ai un échantillon d'un lit de charbon, trouvé dans l'île de Sky, sous une roche basaltique, composé d'une partie ligneuse qui disparoit graduellement jusqu'à la masse qui n'offre plus de vestiges fibreux, et dont la surface est polie, luisante, et d'une fracture presque vitreuse. La partie supérieure de l'échantillon est visiblement du charbon de bois, et celle de dessous du charbon minéral, dans le langage de M. Kirwan; et, en même temps, le passage de l'un à l'autre état est fait par une nuance insensible. Cet échantillon, même isolé, suffiroit pour prouver l'identité des deux espèces de charbon dont nous parlons, et pour montrer que la différence entre eux est accidentelle et non essentielle. Cet échantillon est loin d'être seul de son espèce, et le nombre d'apparences semblables est assez grand pour avoir fixé l'attention de tous les minéralogistes. M. Kirwan admet qu'on trouve souvent le charbon ligneux sous les basaltes (*); mais, ce qu'il est essentiel de remarquer, c'est que, dans l'exemple cité, nous avons en même temps et le charbon ligneux et le charbon minéral sous la même roche, et qui passent graduellement l'un dans l'autre. Il paroît donc que la plupart des faits avancés par M. Kirwan, sur les terrains qu'il appelle *carbonifères*, n'ont point d'analogie avec la distinction qu'il fait entre le charbon ligneux et le minéral (**).

7. Il est vrai pourtant qu'il se rencontre des circonstances où le charbon ligneux, ou, comme on l'appelle

(*a*) Voyez ma note au cinquième paragraphe. (*Note du Traducteur.*)

(*) Essais géol., pag. 310.

(**) Ibid. pag. 311.

[redacted]

ceux dont nous avons déjà parlé, et qu'ils contiennent souvent des coquilles et des co-

---

ordinairement, le bois fossile, forme des lits entiers, sans la moindre connexion avec le charbon ordinaire, et d'une stratification différente, sous quelques rapports. Telles sont, dans le Devonshire, la mine de Bovey, celle du nord de l'Irlande, et peut-être celle de Surturbrandt en Islande. Le charbon de la mine de Bovey ne répond nullement aux remarques de M. Kirwan, savoir, qu'on s'est assuré, d'après les dernières observations, qu'il n'existoit pas là de parallélisme dans les lits, comme dans le charbon minéral, ni même un certain nombre visible de strata. Dans la mine de Bovey le nombre des strata est parfaitement déterminé par des couches d'argile interposées régulièrement, mais on n'a rien de certain sur l'étendue de ces couches, parce que le charbon n'a été travaillé que dans un seul endroit, et par une seule ouverture, sans excavation souterraine d'une certaine étendue.

Il faut aussi observer que, dans cette mine, quoique ses lits offrent une structure ligneuse très-distincte, l'argile interposée et très-molle contient une grande quantité de matières charbonneuses, çà et là dispersées, en forme d'écailles minces. Autant que j'ai pu en juger, il n'y a dans ce charbon ni veines minérales, ni aucun lit de pierres dures; de manière que, quoiqu'il ne puisse y avoir de doute sur son origine végétale, on peut en avoir sur la nature des opérations qui ont produit sa minéralisation. Ceci, au reste, n'appartient point à la question présente; et les particularités de ce charbon demi-minéralisé, comme nous pouvons le nommer, n'ont point de rapport avec la question générale, qui consiste à savoir, si le charbon ligneux et le charbon minéral sont la même substance : si les gradations de l'un à l'autre sont bien prouvées, je pense qu'il ne peut plus exister aucun doute sur cet objet.

8. Une des objections de M. Kirwan contre l'origine

raux très-bien minéralisés : il me suffit de remarquer qu'il y a des couches entières de

---

végétale du charbon est fondée sur le morceau de grès que possède le Musée de Florence, et dont la cavité est remplie de véritable charbon minéral. « Ceci, ajoute-t-il, a-t-il pu être originellement du bois (*)? » La réponse à cette question proposée comme une *reductio ad absurdum*, est que, sans contredit, cela a pu être du bois. La pierre de sable, unie au bois brûlé et au charbon ligneux, est un phénomène commun à toutes les contrées charbonneuses (*a*). J'ai vu un morceau de cette espèce dans la carrière de Hales, près d'Edimbourg, composé d'une partie de charbon de bois, enchâssé dans le grès ; le bois a été fort endommagé, mais les restes de sa structure fibreuse sont très-visibles. Ceci explique parfaitement l'histoire du morceau du cabinet de Florence.

Si l'on accorde donc, comme je pense qu'il est nécessaire, que les deux espèces de charbon aient la même origine, il est inutile de réfuter la théorie de M Kirwan sur chacune d'elles. Cependant ce qu'il dit sur la formation du charbon minéral est si singulier, que nous ne pouvons aller plus loin sans faire quelques remarques.

M. Kirwan suppose, 1° que le charbon naturel a été renfermé originellement dans les montagnes de granite, de porphyre, et même de schiste siliceux ; et que, par la désintégration et la décomposition, il a pu se séparer des parties pierreuses : 2° que le pétrole et le charbon se trouvent souvent dans le trapp, puisque le hornblende, que dernièrement on a découvert contenir du charbon, entre fréquemment dans sa composition.

« Mon opinion, ajoute-t-il, est que les mines, ou

(*a*) J'en ai trouvé dans le Nord de l'Ecosse, sur-tout sur les côtes Orientales. J'ai même des échantillons de quartz uni au charbon. (*Note du Traducteur.*)

(*) Essais géol. pag. 321.

ce fossile qui ont toutes les apparences du bois, et dans lesquelles la structure fibreuse

---

les strata de charbon, ainsi que les montagnes qui les renferment, doivent leur origine à la désintégration des montagnes primitives, soit à celles qui sont actuellement tout-à-fait distinctes, soit à celles dont la hauteur et le sommet ont considérablement diminué; et que ces roches, qui ont disparu depuis long-temps, contenoient très-probablement une plus grande portion de charbon et de pétrole que celles qui portent le même nom n'en contiennent aujourd'hui, puisque leur désintégration a eu lieu sitôt (*).

» Par la décomposition de ces montagnes, le feldspath et le hornblende se sont changés en argile; les particules bitumineuses, devenues libres, se sont réunies, et ont été absorbées par l'argile, mais sur-tout par la matière charbonneuse, qui a avec elles la plus grande affinité. Les particules de charbon et de bitume ainsi réunies, peu susceptibles d'être imprégnées par l'eau, et d'une pesanteur spécifique plus grande, ont pénétré les masses argileuses humides, spongieuses et détachées, et ont formé ainsi les strata les plus bas, etc. »

Telle est la théorie de M. Kirwan sur la formation du charbon; et personne, je pense, ne lui contestera son originalité.

9. Ce seroit une tâche aussi ennuyeuse qu'inutile, que d'entreprendre une réfutation sérieuse d'une opinion contre laquelle il y a tant d'objections à faire. Quelques observations suffiront.

La notion de la grande dégradation des montagnes, renfermée dans cette hypothèse, est la partie contre laquelle j'ai peu de chose à objecter. Mais je ne puis m'empêcher de me rappeler que les effets de la ruine ne sont pas moins supposés dans la théorie de M. Kirwan, que dans celle du docteur Hutton; qu'il s'est servi du même principe, en se réservant le droit, à ce qu'il me

(*) Essais géol. pag. 328, etc.

est parfaitement conservée (*a*). C'est dans de pareilles circonstances qu'il est facile de sui-

---

semble, de l'écarter toutes les fois qu'il n'est pas favorable à son système. En vérité il vaut bien la peine de comparer ce qui a été dit, ci-dessus, sur la dégradation des montagnes, et ce dont l'ouvrage est rempli, avec ce qu'il avance dans un autre passage du même volume, sur leur indestructibilité (*).

« Toutes les montagnes ne sont pas sujettes au dépérissement; celles, par exemple, qui sont composées de granite rouge. La pierre dont les rochers de Runic sont formés, a résisté à la décomposition depuis 2,000 ans, comme leurs caractères le prouvent, etc.

» Les colonnes basaltiques, en général, n'annoncent point de diminution, etc. » Il continue ainsi, en niant à chaque pas la dégradation qui bouleverse la terre, la porte dans la mer, et l'étend dans le fond, quoique tout cela soit des *postulata* nécessaires pour sa théorie de la formation du charbon. On doit être bien embarrassé pour estimer la valeur d'un système, dans lequel des incohérences si manifestes jouent un rôle nécessaire.

10. La quantité de hornblende et de schiste siliceux, nécessaire pour produire, par la décomposition, les lits de charbon qui existent aujourd'hui, est énorme, et tendroit à faire croire que ce qui a disparu des montagnes primitives excède de beaucoup tout ce que le docteur Hutton a supposé. Il est vrai que M. Kirwan, jamais embarrassé pour conserver la ressemblance qu'il a établie entre l'état actuel de la nature, et celui qui a existé autrefois, se repose sur ce que la partie détruite des montagnes primitives contenoit plus de charbon que celle qui est restée. Ceci est une supposition arbitraire; et puisque, dans ce système, on en admet de

(*a*) J'ai pris dans les mines de Newcastle, et j'ai dans ma collection un échantillon de cette espèce. (*Note du Traducteur.*)

(*) Page 436.

vre les apparences de la structure végétale sur toutes les gradations possibles, jusqu'à

---

pareilles si facilement, pourquoi ne pourrions-nous pas concevoir dans les montagnes primitives une source plus abondante de matières charbonneuses que le hornblende et le schiste siliceux? Nous n'avons qu'à imaginer que le *diamant* existoit dans ces montagnes assez abondamment pour former des rochers entiers. Cette pierre étant formée de carbone pur et très-concentré, la décomposition d'une seule chaîne de sommets adamantins donneroit une base carbonique qui seroit suffisante pour produire les lits de charbon des plaines environnantes.

11. Il est bon d'objecter aussi à M. Kirwan que la partie siliceuse des montagnes n'a pas été dissoute par un procédé chimique, mais seulement détachée et emportée par l'eau. L'action mécanique a réduit le quartz en gravier et en sable, mais n'a produit sur lui aucun changement chimique. Le charbon n'a pu donc être détaché. En se servant de l'expérience, on déterminera certainement si la matière siliceuse des strata secondaires et primaires contient cette substance dans la même proportion.

De plus, dans aucune théorie, on ne peut imaginer une base moins solide que celle qui force cette théorie à *un grand* changement, lorsque les circonstances du phénomène à expliquer viennent à changer *un peu*. C'est ce qui arrive à celle de M. Kirwan, lorsqu'il essaie d'expliquer par elle le lit de charbon décrit dans les Annales de chimie (*), comme coupant en deux, et environ dans les trois quarts de sa hauteur, une montagne de couches argileuses. Ce stratum, dit M. Kirwan, a dû être formé par la *transsudation* de la partie supérieure de la montagne (**). Outre que cette opinion suppose gratuitement une chose sans exemple, elle

(*) Tome XI, pag. 272.
(**) Essais géol. pag. 338.

la disparition totale. Ce dernier état est, sans contredit, le plus commun ; cependant

---

renferme une absurdité évidente si on fait cette question : Quelle étoit la substance qui occupoit la place du lit de charbon avant la transsudation à la partie supérieure de la montagne? Le *charbon liquide,* en coulant à travers les strata supérieurs, a-t-il chassé quelque matière de la place qu'il occupe maintenant? ou bien a-t-il eu assez de force pour élever, ou pour mettre à flot, pour ainsi dire, la partie supérieure de la montagne?

12. La situation de ce lit de charbon n'a rien de singulier, et sa formation s'explique aisément par la théorie du docteur Hutton. C'est une partie de stratum de charbon, qui, comme tous les autres, a été déposé au fond de la mer; ensuite les causes d'une grande opération l'ont élevé en même temps que les autres strata. Depuis, tous ces lits ont été brisés et minés par le frottement des eaux à la surface ; et la montagne qui renferme le lit de charbon n'est qu'une partie qui n'a pas encore subi le dernier changement. Un lit de charbon, qui alterne avec d'autres, n'a rien de plus surprenant dans une montagne que dans l'intérieur de la terre; et ce fait n'exige pas une explication particulière (*)

Après tout, on peut demander pourquoi entasser les unes sur les autres tant d'hypothèses incohérentes et insoutenables? Est-ce simplement pour ne point attribuer la matière charbonneuse et bitumineuse du charbon à une substance que nous savons en être abondamment pourvue, et pour tirer cette matière d'autres substances qu'une analyse complette prouve n'en contenir qu'une très-petite portion? De pareils raisonnemens sont trop contraires aux principes du sens commun et de la saine philosophie; et ce seroit presque mériter un reproche que d'employer du temps à les réfuter.

(*) Le lit de charbon, décrit par Hassenfratz, est remarquable en ce qu'il repose immédiatement sur un schiste et un granite primaires.

quoique la simple inspection du charbon ne fasse pas toujours connoître son origine végétale, si nous le mettons en connexion avec les autres termes de la série, comme nous pouvons les appeler; si nous considérons que ces deux extrêmes, savoir, le charbon avec sa parfaite structure végétale, et le charbon sans cette structure visible, sont trouvés dans les mêmes lits contigus; et si nous remarquons que sur toutes ces gradations le charbon contient presque les mêmes élémens chimiques, et donne, à l'analyse, du bitume et du charbon de bois, combinés avec une portion de terre plus ou moins grande; si nous tenons compte de toutes ces circonstances, nous ne pouvons pas douter que ce fossile ne soit le même par-tout, et ne tire son origine des arbres et des plantes qui ont végété sur la surface du globe avant la formation de celle sur laquelle nous vivons à présent.

6. Le docteur Hutton observe de plus que, si ces anciens continens ont été absolument semblables au nôtre, nous ne pouvons être embarrassés pour expliquer le manque de tout indice distinctif d'organisation végétale dans la plupart des lits de charbon. Il est clair que la décomposition journalière des substances animales et végétales, sur la surface de la terre, doit produire une grande quantité d'huile et de matière charbonneuse, qui, combinée d'abord avec tous les élémens, se précipite enfin dans l'Océan. C'est ainsi que l'huile et la partie fuligineuse des substances

tances animales et végétales s'évaporent par la combustion, et montent dans l'atmosphère; mais enfin elles se précipitent soit qu'elles tombent immédiatement dans la mer, ou qu'elles y soient entraînées de la terre, au moins en partie. Par d'autres causes aussi, une grande quantité de matières végétales sont chariées dans l'Océan par les rivières; et la totalité des substances animales et végétales, ainsi réunies dans ses abîmes, doit être très-considérable, et donner annuellement, pour résidu total, tout ce qui n'est pas employé à la conservation, ou à la reproduction des corps animaux ou végétaux. Que ces matières soient suspendues dans les eaux ou unies à elles chimiquement, à la fin elles se précipitent; et, en se mêlant avec les substances terreuses, elles se forment en lits dont la place est déterminée par les courans, par la position des continens actuels, et par une foule de circonstances qu'il n'est pas aisé d'indiquer.

Si donc un ordre de choses, semblable à celui que nous voyons maintenant, a existé avant la formation des lits actuels, les substances animales et végétales, disséminées dans l'Océan, dégagées de l'eau, ont dû être nécessairement déposées dans le sein de la mer; et, par la suite des siècles, former des lits plus ou moins purs, suivant la quantité de terre ou d'autres matières qui se sont précipitées avec elles. Ces couches, une fois consolidées et minéralisées par les opérations dont nous nous occuperons dans la suite, ont été chan-

gées en charbon de terre, dont les parties sont impalpables, et qui ne conservent rien de leur structure primitive.

Si donc on attribue aux corps animaux et végétaux la formation du charbon, si sa position générale tire son origine des couches formées par les ruines de l'ancien continent, puisque cette position est applicable à toutes les espèces de couches déjà citées, et conséquemment à toutes celles avec lesquelles elles alternent, le charbon doit s'étendre sur une très-grande partie de la terre. En effet, il s'étend sur tous les lits qu'on distingue ordinairement par le nom de *secondaire;* mais il y a une autre grande division de règne minéral, savoir, le roc appelé *primitif*, qui, n'alternant jamais avec les couches secondaires, mais étant toujours placé au dessous d'elles, doit être encore examiné avant que nous puissions décider si la même conclusion a lieu ou non à son égard.

7. Ici, il faut observer (IIIe note) avec

(IIIe note) *Montagnes primitives.* L'énumération des différentes espèces de schistes primaires, au § 7, n'est pas donnée pour complète. Elle le sera davantage, si nous y ajoutons *le schiste talqueux* et *la pierre ollaire* (*).

13. Les roches appelées ici primaires ont été distinguées d'abord comme étant la base de toutes les grandes chaînes de montagnes, et comme formant une division séparée du règne animal, par J. G. Lehman,

(*) Minéralogie de Kirwan, vol. 1, pag. 155.

attention, que, parmi les roches primitives, le granite n'est pas censé être compris, excepté

---

directeur des mines de Prusse. Voyez son ouvrage intitulé, *Essai d'une Histoire naturelle de couches de terre* (*). Ces roches ont été regardées, par Lehman, comme des parties du *noyau* original du globe, qui n'ont subi aucune altération, et qui sont restées les mêmes depuis le moment de la création; et, d'après cette supposition, il leur accorde le nom de primitives, ainsi qu'aux montagnes qui en sont formées. Il remarque cependant leur distribution en lits, soit perpendiculaires à l'horizon, ou hautement inclinés, et la superposition des secondaires, et les strata horizontaux. Quoique les minéralogistes diffèrent maintenant dans leurs théories de celle de Lehman, ils doivent considérer cette distinction comme un grand pas fait vers la science de la géologie, et comme très-important pour l'ordre véritable qui doit régner dans l'histoire naturelle la terre.

14. Plusieurs minéralogistes supposent avec lui que ces roches sont une partie de la structure originale du globe, et antérieure à toute matière organisée. De ce nombre sont Pallas (**), et Deluc, qui donne le nom de *primordial* aux roches en question, et qui les considère comme non stratifiées, ni formées par l'eau (***). Cependant, dans ses écrits subséquens, il tire leur formation d'une disposition aqueuse, comme font les Neptunistes en général; mais il les regarde comme plus anciennes que les corps organisés.

15. Pini, professeur d'histoire naturelle à Milan, a nié la stratification des montagnes primitives dans un mémoire sur la minéralogie du Saint-Gothard, et dans un autre sur les révolutions du globe (****). Ses raison-

(*) Tome 3, page 239, etc. La Traduction Française est de 1759; mais la Préface originale est datée de Berlin, 1756.

(**) Observations sur la formation des montagnes.

(***) Lettres physiques sur l'histoire de la Terre, tom. XI, pag. 206.

(****) Memoria sulle Revoluzione del Globo terrestre; Memoria della Società Italiana, tom. V, pag. 212, etc.

lorsque cette pierre est stratifiée, et qu'elle coïncide avec des veines de granite, ou avec le gneiss. Les lits primitifs, dans la théorie du docteur Hutton, outre le gneiss, comprennent le mica, la chlorite, le hornblende, le schiste siliceux, ainsi que l'ardoise, et quelques autres espèces d'argile; nous devons encore ajouter à toutes ces substances, la serpentine, la pierre

---

nemens sont combattus par Saussure (*); et, sous beaucoup de rapports, ils sont très-susceptibles de réfutation. Dans une comparaison entre la division des roches, ils commencent par ce que l'on appelle les plans de leur stratification, et leur division par fentes transversales; deux choses, suivant eux, si semblables, qu'il est impossible de leur attribuer des causes différentes; et, comme les uns ne sont pas l'effet d'une disposition aqueuse, il en est de même des autres. Cet argument est très-spécieux, parce qu'il confond deux choses qui sont essentiellement différentes; et qu'au lieu de traiter une matière de fait, il s'occupe de rechercher sa cause. La vérité est que la discussion est venue de ce que le granite n'a pas été distingué du schiste des montagnes, et parce que l'un et l'autre ont reçu le nom de primitif. M. Pini semble avoir raison, lorsqu'il soutient que le granite du Saint-Gothard n'est point stratifié; mais il a tort lorsqu'il tire la même conclusion sur le schiste de cette montagne. Charpentier, et Saussure, dans ses deux derniers volumes, maintiennent même la stratification du granite (**).

Comme l'opinion, pour la stratification du schiste primaire, est, sinon universelle, au moins très-générale, et que le fait s'est présenté de lui-même par-tout où j'ai pu observer, je n'ai pas jugé nécessaire de traiter ici ce sujet.

(*) Voyages aux Alpes, tom. IV, § 1881.

(**) Voyez la note XV, sur le granite.

à chaux micacée, et la plupart des marbres. Ces marbres se distinguent ordinairement par leur structure lamelleuse, par la position de leur plan très-élevé au dessus de l'horizon, et par la propriété de recouvrir davantage les surfaces des collines que les parties basses de la terre. Ils contiennent rarement des vestiges de corps organisés, et si rarement, qu'ils ont été appelés primitifs par les géologues qui les ont distingués d'abord des autres roches, dans la supposition qu'elles étoient une partie du premier noyau du globe, qui n'a jamais subi aucun changement; mais je crois qu'il n'existe plus de géologues qui puissent soutenir cette opinion.

Les Neptunistes avancent que les roches ici citées, et même celles de granite, ont été produites par une déposition aqueuse; ils les regardent comme primitives dans le sens le plus strict, et comme une formation antérieure à tous les corps organisés (*a*).

8. Au contraire, le docteur Hutton pré-

(*a*) Voyez, dans la deuxième partie de l'ouvrage de M. Lucas, *Tableau méthodique des espèces minérales*, « l'esquisse d'un système géologique tracée par M. Tondi, et dans laquelle ce savant naturaliste a eu pour intention principale de présenter une distribution des roches, non suivant leurs principes composans, mais suivant l'ordre de leur formation, et le rôle que joue chaque masse dans la composition du globe. Ces élémens d'oréognosie, ou de la science qui traite de la connoissance des montagnes, sont présentés, en quelque sorte, sous la forme d'un inventaire sommaire du grand cabinet de la nature. L'auteur expose dans un petit nombre de pages toutes les relations géologiques d'une même substance, et il indique en même temps la place que la plupart des espèces minérales occupent dans le sein de la terre. Il fait en outre apercevoir, d'un coup-d'œil, comment la na-

[redacted]

tend (ɪvᵉ note) que le schiste primaire, ainsi que tous les autres lits, a été formé des *détritus* de roches encore plus anciennes et

---

(ɪvᵉ note) *Strata primaires et non primitifs.* 16. On trouve, dans la théorie de Hutton, vol. I, p. 552, un détail des faits rapportés au § 8. A ce qu'il dit sur les coquilles contenues dans la pierre de chaux primaire de Cumberland, je puis ajouter que j'ai eu une occasion de vérifier ses conjectures, et que la roche calcaire, près du lac de Coniston, fait partie du même stratum qu'on découvre dans une carrière entre Ambleside et Low-wood, où ont été trouvées des coquilles. La pierre calcaire de cette carrière renferme différens objets marins : et c'est dans des strata déclinant d'environ de dix degrés de la perpendiculaire, vers le S. E., et formant un lit qui s'étend dans la contrée du N. E. au S. O.

Dans une carrière où le schiste argileux est travaillé pour le pavé, au midi de ce lit de pierre calcaire, on trouve des impressions qu'on peut, à ce que je crois, attribuer à des objets marins ; elles ont la forme de coquilles, sont très-dures, et remplies de pyrites. Elles semblent être de la même espèce que celles qui ont été trouvées dans une carrière d'ardoise près le village de Mat en Suisse (*).

Un autre lieu, qui présente des exemples de coquilles renfermées dans la pierre de chaux primaire, est le Dewonshire. Sur la côte, à l'est du chantier de Plymouth, vis-à-vis Stonehouse, j'ai trouvé un morceau de schiste micacé calcaire, contenant une coquille de l'es-

ture, avec les mêmes matériaux, mais dans des circonstances diverses, a produit des substances qui diffèrent si peu entre elles, quand on les considère en série, et qui, au contraire, présentent des différences très-marquées dans leur tissu, si l'on n'observe que les termes extrêmes. » *Moniteur*, 15 *mars* 1813.

(*Note du Traducteur.*)

(*) Théorie de Hutton, vol. 1, pag. 327.

déposées au fond de la mer. Ainsi, par le nom de couche primitive, et en se conformant au langage reçu des minéralogistes, il

---

pèce des bivalves : quoique détaché du roc solide, il ne pouvoit être considéré comme un fossile étranger.

Certainement il n'y a point de roches plus décidément primaires que celles qui environnent Plymouth. Elles sont formées de strata calcaires, dans la forme ou de marbre, ou de chaux micacée, alternant avec les variétés du même schiste, qui domine dans tout le Cornwall à l'O., et s'étend à l'E. jusqu'à Dartmoor, et sur la côte jusqu'à Berry-Head. Tous ces strata coupent le plan de l'horizon dans une ligne prolongée de l'O. à l'E.; ils sont très-droits, et élevés à Plymouth vers le N.

Cependant, quoique les restes d'animaux marins ne soient pas très-fréquens dans les roches primaires, ils n'en sont pas entièrement exclus; de là est tirée la preuve que les coquillages et les zoophytes sont d'une existence antérieure à la formation même de ces parties de la terre actuelle, qui sont regardées, avec raison, comme les plus anciennes.

17. Les roches qui contiennent du sable ou du gravier, ou qui sont d'une texture granulée, doivent être considérées comme portant en elles-mêmes des témoignages non équivoques d'une origine prise dans les débris de roches plus anciennes. Le fait consigné dans le texte, concernant le sable trouvé dans le schiste, justement regardé comme primaire, peut se confirmer dans beaucoup d'endroits de la surface de la terre. Quelques citations suffiront.

Le Saint-Gothard est un point central d'une des plus grandes chaînes de montagnes primaires du globe; cependant on trouve dans ses environs des strata sablonneux. Entre Ayrolo et l'hospice Saint-Gothard, Saussure a trouvé une roche formée d'une pâte sablonneuse ou granulaire, renfermant le hornblende et le grenat. Il

décrit ces lits seulement comme plus anciens

---

répugne un peu à lui donner le nom de *grès*, ce qu'a fait M. Besson ; néanmoins il la décrit comme ayant une texture granulaire (*).

Parmi les roches les plus dures qui composent les montagnes de l'Angleterre, plusieurs sont sablonneuses. Ainsi, sur la côte occidentale de l'Ecosse, la grande masse de montagnes élevées et sauvages, sur le rivage d'Arasaig, etc., depuis Ardnamurchan jusqu'à Glenelg, n'est, en grande partie, qu'une pierre de sable granitique, en lits verticaux. Quelquefois cette pierre occupe un grand espace, quelquefois elle alterne avec le mica ou avec les autres variétés du schiste primaire ; on la rencontre aussi dans plusieurs îles, et c'est un fossile qui a été à peine décrit ou nommé par les minéralogistes. On trouve également, dans quelques endroits de l'Ecosse, le quartz extrêmement durci, mais granulé, en lits ou en strata, avec le schiste commun des montagnes. On voit des exemples frappans de cette espèce vers le côté nord du bac de Balachulish, et sur le rivage de la mer, à Cullen. Dans le premier, le quartz est si pur, qu'on l'a pris faussement pour du marbre.

Ces exemples suffisent peut-être; mais je dois ajouter que, dans les schistes micacés et talqueux, il se trouve souvent des couches minces de sable, interposées entre les lames de mica et de talc. J'ai un échantillon pris sur le sommet de la plus haute montagne des Grampians, où des plaques minces d'une substance talqueuse ou asbestine sont séparées par des couches de sable quartzeux très-fin et peu consolidé.

La montagne où ce morceau a été trouvé est formée de lits verticaux, entrecoupés par des veines de quartz. D'après cet exemple, il est impossible de douter que les lames minces d'une substance, et les petits grains de l'autre, aient été déposés ensemble au fond de la mer, et qu'ils aient pareillement été produits par la dégrada-

(*) Voyez aux Alpes, tom. IV, § 1822.

qu'aucuns de ceux qui existent maintenant,

---

tion de roches beaucoup plus anciennes que toutes celles qui existent actuellement.

18. Dans le système Neptunien, amélioré par Werner, on a essayé d'enlever à ces exemples la force qu'ils ont dans les § 8, 9, et 151, etc., en distinguant les roches, quant à leur formation, en trois différens ordres, le primitif, l'intermédiaire, et le secondaire; ou, pour parler plus clairement, le primaire, le secondaire, et le tertiaire. Le même minéralogiste distingue les matières de ces roches, en ce qu'il appelle dépôts chimiques et dépôts mécaniques. Par dépôts mécaniques, il entend le sable, le gravier, et tout ce qui porte la marque de fracture et de trituration; par dépôts chimiques, ceux qui sont régulièrement cristallisés, ou qui ont une tendance à la cristallisation, et dans lesquels l'action des causes mécaniques ne sont pas visibles. Cette distinction est fondée, et basée sur des différences réelles et palpables; mais son application aux trois espèces de strata, dont nous venons de parler, ne me semble nullement mériter le même éloge.

Les roches primitives, dit-on, ne contiennent que des dépôts chimiques, et en sont entièrement formées: les intermédiaires contiennent un mélange des deux, et quelques vestiges de corps organisés : les secondaires sont composées presque entièrement de dépôts mécaniques, ou des restes de cette espèce, avec un léger mélange de dépôts chimiques. Les premières donc ne contiennent aucune marque ou vestige de rien de plus ancien qu'elles-mêmes, et sont, dans le sens le plus strict, primitives, ou formées des premières matières, déposées par l'immensité de l'Océan, qui originellement a enveloppé le globe.

Après elles, ont été formées les intermédiaires par des dépôts presque tous chimiques, mais renfermant aussi des restes d'animaux, et quelques dépouilles de la terre, soumis à différentes sortes de destruction, qui fait même partie de l'ordre établi par la nature. Ces

mais non comme plus anciens qu'aucuns de ceux qui aient jamais existé. Dans son système,

---

roches, soutient-on, sont principalement argileuses, moins dures que les primaires, et sans intersection de veines de quartz.

Les secondaires se sont formées des deux autres, et contiennent davantage des dépôts mécaniques.

Cette esquisse de l'opinion de Werner sur les différentes formations des strata a été prise sur l'examen de son système, dans le *Journal de physique* pour l'an 1800.

19. La principale objection à faire, contre la distinction des strata primaires et intermédiaires, est fondée sur les faits déjà avancés. La pierre de sable du Saint-Gothard est d'une contrée qui a au plus haut degré de perfection tous les caractères d'une roche primaire. Les exemples des hauts pays de l'Ecosse sont tirés de montagnes moins-élevées à la vérité que les Alpes, mais où la roche est micacée, talqueuse, ou siliceuse, en plans élevés au-dessus de l'horizon, et entrecoupées par des veines de quartz. Les coquilles de Plymouth sont dans une roche, que Werner, sans doute, placeroit parmi les primitives. Celles des lacs également sont dans le centre d'un pays où se rencontrent le porphyre, le schorl, la pierre de horn schisteuse, et beaucoup d'autres, sur l'ordre desquelles il ne peut y avoir de contestation. Il est vrai que, dans cette étendue, il se trouve des lits d'argile de l'espèce de ceux qu'on peut regarder comme intermédiaires, qui ne sont pas interposés avec ceux qu'on peut décidément considérer comme primaires; et ce mélange même montre combien peu est fondée la distinction entre la formation des uns et des autres. S'il existe en minéralogie un principe certain, c'est sans doute celui-ci: que des roches d'une semblable stratification, et alternées les unes avec les autres, sont de la même formation.

De là nous concluons qu'il *n'existe pas d'ordre de strata jusqu'ici connu*, qui ne renferme des preuves

ces lits sont désignés plutôt par le nom de *primaire* que par celui de *primitif*.

On peut prouver, par des faits (v^e note) incontestables, que les causes qu'on vient de

---

d'une existence de strata plus anciens. Nous ne voyons rien absolument de primitif. Bien entendu que ce que l'on dit ici n'a point de rapport au granite, que je ne considère pas comme une roche stratifiée, et où jamais on n'a trouvé ni sable, ni restes de corps organisés; quoique, par la suite, nous citerons des exemples de granite renfermant des fragmens d'autres pierres, comme différentes espèces de schiste primaire.

Aux exemples du sable enfermé dans le schiste primaire, j'aurois pu ajouter celui de la roche qui forme la côte du Berwickshire, qui est si souvent citée dans ces explications; mais je veux arriver à l'évidence par les roches qui sont incontestablement primaires, et auxquelles il est impossible d'appliquer la distinction d'*intermédiaire* de Werner.

Si l'on avance, avec M. Deluc, que le sable est un dépôt chimique, un mode de cristallisation que le quartz affecte quelquefois, laissons-lui tirer la ligne qui séparera le sable du gravier; qu'il explique pourquoi le quartz, sous la forme de sable, ne se trouve ni dans les veines minérales, ni dans le granite, ni dans les basaltes, c'est-à-dire, dans aucunes des situations où les apparences de la cristallisation sont le plus et le mieux en évidence.

(v^e note) *Transport des matières des strata.* 20. Le grand transport, ou le *voyage* des matières des strata, supposé par le docteur Hutton, a été traité d'absurde par quelques-uns de ses antagonistes, particulièrement par Deluc et Kirwan. Ces philosophes semblent n'avoir point observé que leur propre système, et même chaque système qui fait dériver les strata secondaires des primaires, renferme un transport de matières non moindre que celui qui est supposé dans la théorie Hutto-

donner de l'origine de ces couches sont bien fondées. Car, d'abord, selon l'observation

---

nienne, et une dégradation des montagnes primitives, beaucoup plus grande dans plusieurs occasions. Pour avoir une idée de cette dégradation, il faut se ressouvenir que les montagnes primitives qui fournissent les matières des strata secondaires dans les plaines, n'ont pas pu être dans le lieu occupé maintenant par ces plaines. Cela est évident; et cependant nous devons considérer les strata secondaires comme dérivés des montagnes primitives qui les avoisinent, et dont ils conservent encore des restes. Ces restes suffisent pour déterminer la base des montagnes; et la quantité de lits secondaires qui les entourent peut nous aider dans l'estimation de leur hauteur. Prenons, pour exemple, la chaîne de lits secondaires, qui s'étend dans les environs de Newcastle, où les mines de charbon ont été enfoncées en strata secondaires, jusqu'à la profondeur de plus de mille pieds. Cette contrée secondaire peut être considérée comme renfermant la presque totalité des comtés du Northumberland, de Durham, et comme s'étendant probablement très-loin, sous la partie de l'Océan germanique qui baigne leurs côtes; et tout le stratum qui la compose, dans l'hypothèse actuelle, a dû être formé d'un côté par les collines du Cheviot, et de l'autre par les hauts pays du Westmoreland et du Cumberland, en y comprenant les collines d'Alston-moor, et le groupe immense de montagnes primaires, si connus par la scène sublime et romantique que les lacs présentent à leur pied. Maintenant les montagnes, sur leur base, ont non-seulement à fournir, à l'E., les matières pour la chaîne déjà citée, mais encore celles des plaines à l'O. et au N.; les montagnes du Cheviot pour le Roxburghshire et le Berwickshire; celles du Northumberland pour les lits de charbon à Whitehaven, et le long de la côte du Lancashire. En général, nous pouvons supposer, avec fondement, que les strata secondaires au pied des montagnes citées, sont six ou sept

déjà faite, quoique ces anciens lits ne renferment pas toujours des restes de corps

---

fois plus étendus que la base de ces montagnes. En estimant donc la profondeur moyenne de ces lits secondaires à mille pieds, il est évident que, si la masse de pierres qui les compose étoit placée sur la même base que celle des montagnes primitives, elle iroit à la hauteur de six mille pieds. Nous supposons que la masse conserve la largeur de sa base, en proportion de son sommet; mais, si nous supposons qu'il se termine en pointe, comme c'est l'ordinaire, il faut multiplier ces six mille par trois, pour avoir la hauteur de ces montagnes primitives, qui, par conséquent, dans l'origine n'ont pas eu moins de dix-huit mille pieds d'élévation. Elles ont donc rivalisé autrefois avec les Cordilières pour la hauteur, tandis qu'à présent elles ne sont connues que comme les collines de Skidaw et d'Helvellyn. Il seroit aisé de montrer que cette estimation est encore au dessous du résultat qui dérive nécessairement de l'hypothèse des Neptuniens; mais il suffit de prouver que le principe de la dégradation des montagnes est renfermé dans cette hypothèse jusqu'à un point excessif; et que ses partisans ont à se reprocher une inconséquence, en refusant au docteur Hutton l'usage modéré d'un principe dont ils abusent eux-mêmes; ou bien qu'ils n'ont pas assez réfléchi sur les conséquences de leur propre système.

21. La formation des strata secondaires, par la dégradation des montagnes contiguës, est susceptible de beaucoup d'autres difficultés de la même espèce. Les montagnes de strata secondaires, et presque horizontales, sont en Angleterre de la hauteur de trois mille pieds. Telles sont Ingleborough, Warnside, et peut-être quelques autres à l'O. du Yorkshire. Toute cette chaine, en vérité, pour des montagnes secondaires, est d'une grande élévation. Les strata sont de pierres calcaires, alternant avec la pierre de sable d'un grain très-gros. Aucunes montagnes ne démontrent plus clairement que

organisés, ils n'en sont pas entièrement privés. Le docteur Hutton, d'après ses propres

---

les strata qui les composent ont été autrefois continués à travers les vallées qui les séparent aujourd'hui; par conséquent, si les matières de ces strata ont été autrefois fournies par les montagnes primitives contiguës, ces dernières doivent avoir été plus élevées, au-delà de toute proportion, qu'aucunes de celles qui existent maintenant dans la Grande-Bretagne.

22. Ainsi, il est prouvé qu'une grande dégradation des montagnes primitives, ainsi que le grand transport de leurs matières, font une partie nécessaire de la théorie Neptunienne. Nous pouvons rendre évidente l'étendue de ce transport, en faisant le même raisonnement sur des parties plus grandes du globe. Le N. O. de l'Europe nous donne un exemple d'une immense suite de contrées secondaires, comme la majeure partie de la Bretagne, toute la Flandre et la Hollande, une portion de l'Allemagne, les provinces septentrionales de la France, et probablement le lit de la mer du Nord, au moins à une grande dimension. Dans ce cercle tout est presque secondaire, et à ses extrémités sont placés des chaînes ou groupes de montagnes primitives, comme celles d'Auvergne, au moins en partie; et en tournant vers l'E., les Alpes, les Vosges, le Hartz, les hauteurs et les îles de l'O. de l'Ecosse, les contrées montueuses du Cumberland, du pays de Galles et du Cornwall. Dans la supposition des Neptunistes, cette zone de montagnes primitives doit avoir été élevée en forme d'îles dans le grand Océan, qui a autrefois couvert la terre; formant ainsi une espèce d'Archipel circulaire, avec une mer dans son centre, d'un diamètre de sept à huit cents milles d'étendue (*a*). Dans cette vaste circonférence, le *détritus* des montagnes a dû être charié pour former le pays plat que nous voyons main-

(*a*) Le mille anglais est le tiers de la lieue de France.
(*Note du Traducteur.*)

recherches ou celles des autres, a remarqué dans cette île plusieurs endroits où la pierre

---

ment. Telle est donc la distance que les Neptunistes doivent admettre, même dans leur supposition, pour le transport des matières emportées, par l'Océan, des montagnes primitives.

Ce chariage des matières peut bien n'être pas aussi grand que celui que le docteur Hutton suppose dans sa Théorie; mais il suffit, pour forcer les ennemis de ce système, à considérer combien se touchent de près les principes qu'ils doivent admettre, et ceux qu'ils voudroient rejeter. Entre plusieurs, c'est un fait qui montre qu'il y a plus d'harmonie entre les systèmes de géologie, qu'entre leurs auteurs.

23. A ces faits, qui prouvent le grand voyage que les fossiles ont fait dans quelques circonstances anciennes du globe, nous pouvons en ajouter d'autres avoués par tous les minéralogistes. Les résidus d'animaux, contenus dans la glaise et dans le marbre, sont souvent reconnus pour appartenir à des mers très-éloignées des contrées où on les trouve aujourd'hui. Dans les lits de glaise d'Angleterre, dans la pierre calcaire de France, beaucoup de pétrifications sont formées dans les mers du Tropique, et paroissent avoir été apportées du voisinage de l'Equateur. Buffon observe que, sur les coquilles fossiles trouvées en France, on a été en contestation pour décider si celles qui sont étrangères ne sont pas plus nombreuses que celles qui sont natives; et, quoiqu'il soit lui-même pour la négative, il est évident qu'elles composent une grande partie du tout (*). Dans les pétrifications du mont Boléa, près Véronne, où les impressions de poissons sont conservées entre les lames d'un schiste calcaire, on en a compté cent cinq différentes espèces, dont trente-neuf sont des mers d'Asie, trois des mers d'Afrique, dix-huit de celles du Sud, et onze des mers de

(*) Buffon, Théorie de la Terre, art. 8.

calcaire primaire contient des objets marins; et il ne seroit pas difficile d'ajouter ici

---

l'Amérique septentrionale (*). Les mêmes observations ont été faites sur les plantes marines, et les impressions des végétaux trouvées dans les roches des différentes parties de l'Europe. A Saint-Chaumont, près Lyon, il y a un schiste argileux, au dessus d'un lit de charbon, dont chaque feuillet est imprimé par les tiges, les feuilles et les autres parties des plantes; et cela arrive, dit M. Fontenelle, par une marche si singulière de la nature, qu'aucune de ces plantes n'est indigène à la France. Toutes sont différentes espèces de fougères, particulières aux Indes orientales, ou aux plus chauds climats de l'Amérique. Là, on a trouvé aussi le fruit d'un arbre qui ne croît que sur les côtes du Malabar et de Coromandel (**).

Il en est de même des corps des animaux amphibies qui font partie aujourd'hui du règne fossile. On a rencontré dans l'île de Shepey, et à l'embouchure de la Tamise, des têtes et des os de crocodiles, et dans une roche d'alun, sur la côte du Yorkshire, se sont trouvés les restes d'un animal de la même espèce, mais d'une variété qu'on ne rencontre maintenant que sur les bords du Gange (***). Les preuves du transport des matières par la mer ont l'avantage de n'avoir rien d'hypothétique,

(*) Saussure, Voyages aux Alpes, tom. III, § 1535.

(**) Mém. de l'Acad. des Sciences 1718, p. 3, et 287; et 1721, p. 89, etc.

(***) Trans. Phil. vol. I, pag. 688. Camper nie que ces restes viennent du crocodile, ou de quelque autre animal amphibie, et les rapporte à la baleine. Il porte le même jugement sur les fossiles du Mont Saint-Pierre, près Maestricht, qu'on a cru appartenir au crocodile; il les regarde comme les parties d'une baleine, quoique d'une espèce inconnue. Sur cette montagne, si fameuse par ses pétrifications, il a trouvé plusieurs os qu'il croît venir de la tortue. Trans. Phil. vol. LXXVI, pag. 443. L'opinon d'un auteur si célèbre dans l'anatomie comparée est d'un grand poids; s'il est contre nous d'un côté, il est pour nous de l'autre, et l'acquisition de la tortue nous dédommage de la perte du crocodile.

d'autres exemples du même genre. Dans le Dauphiné, le charbon, qui est certainement une substance *dérivative* (*a*), a été trouvé dans des montagnes qui ont, sans contredit, un titre au caractère de primitives.

Ces faits prouvent, sans aucun doute, que ces roches ont été composées de matières libres et détachées, et que leur formation est postérieure au système animal et végétal; mais, dans le sens strict, ils font preuve seule-

---

et d'appartenir également à toutes les sectes de géologues.

Je dois observer ici que la comparaison exacte des résidus animaux du règne minéral, avec leurs analogues vivans, n'est pas une recherche de pure curiosité, mais une de celles qui mènent aux conséquences les plus importantes sur la nature et la direction des forces qui ont changé, et qui changent continuellement la surface de la terre.

A ces remarques j'ai jugé convenable d'ajouter les preuves de la composition des strata actuels par de plus anciens, pour montrer que le grand transport des matières que nous supposons est conforme non seulement à l'hypothèse des Neptunistes sur les strata secondaires, mais encore, qu'indépendamment de toute hypothèse, ce transport est de l'évidence la plus directe. Tous ces raisonnemens concernent l'état ancien du globe. Nous examinerons dans un autre endroit si ce voyage des pierres fait partie du système visible actuellement (*).

(*a*) Cette expression a ici un tout autre sens que celui que lui donne la langue médicale; je ne m'en sers que parce qu'elle se comprend, et qu'elle peut seule rendre l'expression anglaise.

(*Note du Traducteur.*)

(*) Voyez la note XIX.

ment pour les lits où on les rencontre; et, comme ces lits, par toute autre considération, doivent être regardés comme primaires aussi bien que d'autres parties du règne minéral, il est évident que les circonstances négatives sont ici sans force, et que rien ne peut favoriser ceux qui sont contraires à cette opinion en la niant en général, pour se trouver ensuite obligés de l'admettre dans des cas particuliers.

9. De plus, il est certain, comme le remarque le docteur Hutton, qu'il y a peu de masses considérables de schiste, même les plus décidément primitives, où l'on ne puisse observer dans quelques parties le sable et le gravier : et non seulement cela est vrai pour quelques parties de ces masses; mais il est de fait que, parmi beaucoup de montagnes primitives, nous trouvons de grandes traces de pierre de sable schisteuse et très-dure, en lits très-inclinés, souvent seuls, et quelquefois alternés avec d'autres schistes. Dans plusieurs, le sable paroît être entièrement de granite, comme reste de la roche dont il sembleroit qu'ils ont été principalement formés.

10. Nous concluons donc que les lits primaires et secondaires, d'une origine ancienne et d'une origine plus récente, ont été formés dans les ruines des premiers continens par la destruction des roches, ou par la dissolution des corps végétaux ou animaux; et qu'ils sont semblables, au moins à quelques égards, à ceux qui occupent actuellement la surface de

la terre. Cette conclusion ne s'étend pas à chaque portion individuelle d'une roche, mais elle est démontrée pour la majeure partie des grandes masses, et pour celles qui sont répandues indifféremment dans toutes les variétés des couches. Ainsi, d'après les règles du plus exact raisonnement, nous devons conclure que tous les lits ont la même origine.

C'est pourquoi nous ne nous occuperons plus des matières qui composent les lits; mais, comme elles ont été, dans le principe, détachées et sans connexion, nous devons considérer à présent par quel moyen elles se sont consolidées en pierre.

2. *Consolidation des lits.*

11. Quoique le docteur Hutton (VI[e] note)

(VI n°) *Notion de M. Kirwan sur la précipitation.* 24. Le Neptuniste qui a pourvu aux moyens de dissoudre les matières des strata, n'a fait que la moitié de sa tâche, et il faut qu'il s'occupe d'une autre besogne également pénible, c'est-à-dire, de forcer cette menstrue puissante à se séparer de sa solution. M. Kirwan, en garde, en quelque sorte, contre cette difficulté, a tenté de la prévenir d'une manière singulière. D'abord, il attribue la solution de toutes les substances dans l'eau, ou, dans ce qu'il appelle le fluide chaotique, à leur excessive pulvérisation, ou à leur état de divisibilité extrême. Ensuite, pour la déposition, comme le dissolvant, suivant lui, est très-insuffisant en quantité, la précipitation a lieu, dit-il, à cause de cela, très-rapidement.

S'il entend par-là qu'une précipitation sans solution sera effectuée d'autant plus vite, que, pour dissoudre le

n'ait nulle part défini le sens du terme *consolidation*, il s'en est servi constamment dans le même sens avec une exactitude scrupuleuse. Il entend par ce mot non seulement la qualité qui, dans un corps dur, resserre fortement toutes les parties, mais encore celle qui remplit parfaitement les interstices de sa surface, c'est-à-dire, une propriété qui n'admet point de porosité, ni de passage à l'air, ou à l'humidité.

Ainsi une masse poreuse de matières détachées, telle que les lits paroissent avoir été autrefois, ne peut acquérir de dureté et de solidité que par deux moyens : le premier, lorsque cette masse, mise d'abord en fusion, ou au moins amollie par la chaleur, se refroidit ensuite ; le deuxième, lorsque la matière dissoute dans quelque menstrue fluide s'introduit, avec cette menstrue, dans une masse poreuse, et forme, par sa déposition, un

---

tout, la menstrue aura été plus imparfaite, la proposition peut être vraie ; mais elle ne sera d'aucun usage pour expliquer la cristallisation des minéraux (le seul objet qu'il a en vue), parce que la cristallisation n'est pas un simple résidu de particules suspendues dans un fluide, mais un passage d'une solution chimique à l'insolubilité requise.

Si, d'un autre côté, il veut dire que la solution a eu lieu d'autant plus vite, et a été suivie de la précipitation d'autant plus promptement, que la quantité de la menstrue étoit moins suffisante, c'est dire que l'effet sera d'autant plus prompt, que la cause sera plus foible.

Dans deux propositions, dont l'une est ridicule et l'autre absurde, il est inutile de rechercher laquelle l'auteur a eue en vue.

ciment qui rend le tout dur et compacte (*a*). C'est pourquoi le feu et l'eau sont les deux seuls agens physiques auxquels nous puissions attribuer la consolidation des lits; et, pour déterminer quel est celui des deux qui est la cause de cet effet, nous devons examiner attentivement s'il existe des caractères certains qui distinguent l'action de l'un de l'action de l'autre, et qui puissent être comparés avec les phénomènes que nous observons aujourd'hui dans les substances minérales.

12. D'abord, il est évident que la consolidation produite par l'action de l'eau, ou de tout autre menstrue fluide, de la manière que nous venons de décrire, seroit nécessairement imparfaite, et ne pourroit jamais entièrement détruire la porosité de la masse. Car le volume du dissolvant et de la matière tenue en dissolution, étant plus grand que le volume de chacun d'eux pris en particulier, lorsque le dernier auroit été déposé, le premier auroit abandonné une place équivalente, et auroit continué d'occuper un certain espace dans l'intérieur des lits. Un liquide dissolvant ne peut jamais boucher les pores d'un corps au point de l'exclure lui-même tout à fait; et, dans les substances minérales que nous supposons ici consolidées, le dissolvant a dû ou rester avec elles dans un état liquide; ou, s'il

---

(*a*) Dans des tuyaux anciens de fontaine, on trouve des sédimens pierreux qui, avec le temps, se durcissent par couches de différentes couleurs ou formes, et qui en remplissent les cavités. (*Note du Traducteur.*)

s'est évaporé, il a dû laisser les pores vides, et le corps perméable à l'eau. Il n'y a point de fait connu cependant en faveur de l'une ou l'autre supposition; beaucoup de corps stratifiés sont absolument imperméables à l'eau, et peu de substances minérales contiennent l'eau dans un état liquide. L'union chimique de l'eau avec elles ne prouve point qu'elles sont devenues solides par ce fluide; car une telle union chimique couvient autant à la supposition de la consolidation produite par le feu, qu'à celle de la consolidation produite par l'eau, puisque, selon toute hypothèse, dans la région où le feu a agi, il a dû se trouver une abondante humidité.

13. De plus, si l'eau étoit le dissolvant par le moyen duquel la matière consolidée s'est introduite dans les interstices des lits, cette matière ne seroit donc formée que de substances solubles dans l'eau, tandis qu'elle se compose d'une immense variété de substances insolubles dans l'eau, ou dans tout autre menstrue simple. Les lits ou couches sont consolidés, par exemple, par le quartz, par le fluor, par le feldspath, et par tous les métaux dans leurs combinaisons sans fin avec les corps sulfureux. Pour affirmer que l'eau a été capable de dissoudre ces substances, il faudroit lui reconnoître une puissance qu'évidemment elle n'a pas à présent; et ainsi introduire une hypothèse non seulement gratuite, mais qui, physiquement parlant, est absurde et impossible.

Ce n'est pas tout encore; car, en passant même sous silence cette difficulté, il reste à expliquer comment l'eau s'est insinuée, dans les pores du lit, avec la matière qu'elle tenoit en dissolution; et comment elle a acquis subitement la propriété de déposer cette matière, et de lui permettre de prendre une forme solide par la cristallisation, ou par la concrétion : les Neptunistes doivent ou donner une raison suffisante de cette métamorphose générale, ou s'attendre à voir traiter leur système comme une accumulation d'hypothèses peu ingénieuses, qui assignent au même objet des vertus contraires, et qui sont comme en guerre avec la nature et avec elles-mêmes. En un mot, ce système ne peut passer que pour l'invention d'un siècle où la saine philosophie n'auroit point encore paru sur la terre, ni enseigné à l'homme qu'il n'est que le ministre et l'interprète de la Nature, et qu'il ne peut étendre son pouvoir ni ses connoissances au delà de son expérience et de l'observation du présent ordre des choses (*a*).

14. Telles sont les objections les plus communes qu'on fait contre la consolidation des lits produite par l'eau, et que je regarde comme sans réponses. Il est vrai que nous voyons se former sous nos yeux, par la voie

---

(*a*) *Homo naturæ minister, et interpres, tantum facit et intelligit, quantum de naturæ ordine re, vel mente observaverit; nec amplius scit, aut potest.* Nov. org. lib. 1, aph. 1. (*Note du Traducteur.*)

humide, des concrétions pierreuses, dont quelques-unes sont très-dures. Des conditions particulières cependant sont requises pour produire cet effet, et il est assez difficile de supposer que ces conditions aient eu lieu au fond de la mer. Premièrement, l'eau doit dissoudre la substance destinée à former la concrétion, comme nous le voyons en effet pour la terre calcaire, et, dans quelques circonstances, pour la terre siliceuse. Secondement, elle doit être séparée de la substance par l'évaporation, ou par une combinaison de la matière dissoute avec une troisième substance, pour laquelle cette matière a une plus grande affinité que pour l'eau, de manière à former avec cette troisième partie un composé insoluble. Enfin, l'eau qui est privée de sa solution doit se dissiper, et la quantité de ce qui contenoit la solution doit être suppléée, comme il arrive quelquefois lorsque l'eau coule en ruisseau, ou lorsqu'elle tombe goutte à goutte de la voûte d'une caverne. Les deux dernières conditions ne sont point admissibles pour le fond de la mer, où l'état du fluide environnant ne peut pas permettre que l'eau qui a été privée de sa solution disparoisse, et que l'eau qui contient la solution succède à la première.

Il faut de plus observer que la consolidation des concrétions stalactiticales, qui n'est qu'un remplissage de leurs pores, est toujours imparfaite ; elle n'est qu'une action répétée du fluide qui s'insinue dans une masse poreuse, et qui y dépose sans cesse une partie

de la matière qu'elle tient en dissolution. Ceci, qui, à proprement parler, est une infiltration, est incompatible avec la nature d'un fluide presque, ou tout à fait en repos.

15. Pour juger si des objections (VIIe note)

(VIIe note) *Compression dans les régions minérales.* 25. Il est digne de remarque que les effets attribués à la compression dans la théorie Huttonienne, ressemblent beaucoup à ceux que sir Isaac Newton suppose être produits dans le soleil et les étoiles fixes par la même cause. « Le soleil, dit-il, et les étoiles fixes ne sont-ils pas de grandes terres, extrêmement échauffées, dont la chaleur est conservée par l'immensité de leurs corps, par l'action et la réaction mutuelles qui existent entre elles, et par la lumière qu'elles jettent; *dont toutes les parties sont garanties de la combustion, non seulement par leur fixité, mais encore par le poids immense et la densité des atmosphères qui pèsent sur elles, et qui les compriment très-fortement* (*)? »

Le fait de l'eau bouillante à une plus basse température, sous une moindre compression, suffit pour justifier la supposition, que des corps, par la pression, sont susceptibles d'endurer une extrême chaleur, sans la dissipation de leurs parties, c'est-à-dire, sans évaporation, ou sans combustion. Le docteur Hutton introduit dans sa Théorie une nouvelle proposition, savoir, que les corps composés, tels que le carbonate de chaux, peuvent entrer en fusion, lorsque la compression s'oppose à leur division, quoique la partie fixe puisse être infusible, lorsqu'elle est séparée de la volatile. Cette dernière partie de la proposition est fondée sur le fait analogue de la fusion du carbonate de baryte, citée dans le texte.

26. Dans une région où l'action de la chaleur a été accompagnée d'une compression telle que nous la sup-

(*) Optique de Newton, Question 11.

d'un égal poids peuvent être mises en opposition avec l'hypothèse de la consolidation

---

posons ici, il n'a pu y avoir de feu proprement dit, ni de combustion : c'est ce qu'admet le docteur Hutton; et contre sa Théorie on ne peut faire que des objections captieuses, tirées de l'impossibilité du feu existant dans les entrailles de la terre. Cette impossibilité est précisément ce qu'il suppose ; et les argumens de M. Kirwan sont dirigés, non contre l'existence de la chaleur dans l'intérieur de la terre, mais contre l'existence de la combustion et de l'inflammation.

Après avoir remarqué (*) que Saussure avoit réussi, quoique avec beaucoup de peine, à fondre une particule de pierre de chaux, à peine visible au microscope, « quelle a dû être, ajoute-t-il, la chaleur nécessaire pour fondre toutes les montagnes composées de cette substance ? jugeant ainsi, par tout ce que nous connoissons aujourd'hui de la chaleur, qu'un degré aussi élevé n'auroit pu être produit que par l'action de l'air le plus pur sur une énorme quantité de matières combustibles. Ensuite, Ehrman observe que la combustion de 280 pouces cubes d'air, agissant sur le charbon de bois, n'est pas capable de mettre en fusion un grain de marbre de Carrare ; d'où il est évident que tout l'air de l'atmosphère, ni de dix atmosphères, ne pourroit mettre en fusion une seule montagne de cette substance, quelle que soit son étendue, quand même on supposeroit pour son action une quantité suffisante de matières inflammables. Ainsi, en jugeant la chaleur souterraine par celle que nous connoissons dans les volcans, une telle chaleur ne peut exister. Le plus haut degré qu'ils peuvent produire, est celui qui est nécessaire pour fondre le verre volcanique, appelé pierre obsidienne ; Saussure n'a pas trouvé qu'il excèdât 115° de Wedgewood ; mais le basalte, qui exige 140° de Wedgewood, n'est jamais fondu dans les laves de l'Etna. Combien peu donc la chaleur

(*) Essais géol. pag. 453.

produite par le feu, il ne faut pas négliger l'importante remarque faite par le docteur

---

volcanique pourroit-elle être capable d'opérer la fusion du marbre de Carrare, qui, selon le même auteur, exigeroit une chaleur de 6300° de Wedgewood, si ce pyromètre pouvoit s'étendre si loin ! Et dans quelles circonstances le docteur Hutton suppose-t-il que cette étonnante chaleur a existé, et même existe encore sous l'Océan, dans les entrailles de la terre, où, sans la moindre apparence de probabilité, on ne peut croire à l'existence d'une quantité d'air pur, ni de matières combustibles, assez considérable pour produire des effets si grands? Cependant, sans ces conditions, il est impossible même d'imaginer de pareilles degrés de chaleur, sans passer dans la région des chimères. »

27. Ce raisonnement n'est point applicable à l'hypothèse de la chaleur souterraine du docteur Hutton, parce qu'il est fondé sur des expériences, où cette même séparation des parties volatiles et fixes a lieu; ce que cette hypothèse n'admet pas. Lorsque la pierre de chaux, ou le marbre, est exposée à la chaleur dont il est ici question, et même à une chaleur beaucoup moindre, le gaz carbonique disparoît, et il ne reste que la chaux pure. Du pouvoir de la réfraction, que nous connoissons d'après des faits relatifs à la baryte, et dont nous avons parlé plus haut, on ne peut rien conclure sur l'infusibilité de la même substance, lorsqu'elle est combinée avec le gaz carbonique. Pour fondre le marbre de Carrare en plein air, où le gaz carbonique se dissipe, il faut une chaleur de 6300° de Wedgewood; mais, sous une pression capable de retenir ce gaz, on ne peut pas dire qu'il ne puisse pas être fondu à la chaleur d'un fourneau de verrerie. Il peut de même être vrai que 280 pouces cubes d'air, agissant sur le charbon de bois, ne puissent opérer la fusion d'un seul grain de ce marbre, après l'évaporation de son air fixe; mais on ne doit de là tirer aucune conséquence applicable au cas où le

Hutton, et dont il s'est servi, avec un succès étonnant, pour expliquer les phénomènes cachés du règne minéral.

---

gaz carbonique est retenu, et où l'action de la chaleur est indépendante de l'air atmosphérique.

C'est pourquoi, rien de moins concluant que ce raisonnement, fondé sur la supposition que le système du docteur Hutton admet des propositions que, par le fait, il rejette absolument.

28. On peut difficilement expliquer la production et la conservation de la chaleur dans des circonstances si différentes de celles qui se rencontrent ordinairement; mais, à cause de cela, nous ne sommes pas fondés à douter de l'existence de cette chaleur. M. Kirwan pense autrement : « D'après tout ce que nous savons à présent de la chaleur, dit-il, je pense qu'un degré assez élevé pour fondre la pierre de chaux, ne pourroit être produit que par l'air le plus pur, agissant sur une énorme quantité de matières combustibles. Sans cette condition, ce degré de chaleur ne peut exister que dans la région des chimères (*). »

D'abord, le haut degré de température, dont il est ici question, n'est probablement pas nécessaire aux effets de la minéralisation, comme nous l'avons montré; et ensuite ce n'est point le feu, dans le sens ordinaire de ce mot, mais la chaleur, qui est nécessaire pour cette opération; et il n'y a rien de chimérique dans la supposition que la nature ait des moyens de produire la chaleur, même à un très-haut degré, sans le secours des matières combustibles, ou de l'air vital. Le frottement est une source de chaleur immense, et dont nous ne connoissons pas l'étendue; peut-être existe-t-il d'autres opérations chimiques et mécaniques qui produisent la chaleur sans l'intervention des substances combustibles, ni de l'air vital. Ainsi, la chaleur d'un rayon de soleil dans le foyer d'une loupe, la plus intense qu'on con-

(*) Essais géol. pag. 454.

Il est certain que les effets du feu sur les corps varient comme les circonstances qui

---

noisse, est indépendante des substances en question; et, quoique cette chaleur ne puisse calciner un métal, ni même brûler un morceau de bois, sans le gaz oxigène, elle s'élèveroit, sans le moindre doute, à une aussi haute température dans l'absence comme dans la présence de ce gaz.

Il est vrai que cette chaleur souterraine n'est pas l'effet des rayons solaires; mais, malgré cela, nous ne voyons pas d'inconséquence à supposer que la production de cette chaleur soit indépendante des corps combustibles et de l'air vital. Dans tous les cas, nous ignorons parfaitement l'origine de la chaleur. Dans ce moment, les philosophes disputent sur la source de ce qui est produit par la combustion; à bien plus forte raison sont-ils embarrassés pour déterminer ce qui nourrit la lumière et la chaleur de ce grand flambeau qui anime toute la nature par son influence. Si nous voulions avoir une opinion sur cet objet, nous ferions bien de suivre la marche de ce grand philosophe qui s'est distingué des autres, peut-être moins par ses doutes et ses conjectures, que par les recherches les plus rigoureuses et les plus profondes. « Les corps immenses, denses et fixes, lorsqu'ils sont échauffés jusqu'à un certain degré, ne peuvent-ils pas jeter une lumière assez abondante pour que, par l'émission et la réaction de cette lumière, et par la réflexion et la réfraction de ses rayons dans leurs pores, ils deviennent encore plus chauds, jusqu'à ce qu'ils arrivent à un degré de chaleur égal à celui du soleil? Le soleil et les étoiles fixes ne sont-ils pas de grandes terres, excessivement brûlantes, dont la chaleur est conservée par l'immensité des corps, par leur action et leur réaction mutuelles, et par la lumière qu'ils répandent? (*). »

Quelques expériences récentes semblent rendre tout

(*) Optique de Newton, comme ci-dessus.

[redacted]

accompagnent son action, et que, pour cet effet, il faut compter sur beaucoup de restrictions, si nous voulons comparer l'opé-

---

ce qui concerne cette question applicable à un corps opaque, comme la terre, aussi bien qu'aux corps lumineux, comme le soleil et les étoiles fixes. La radiation de la chaleur, dans les lieux même où il n'y a point de lumière, a été démontrée probable par les expériences de M. Pictet de Genève (*); et les seules objections qu'on pouvoit faire sur les conclusions tirées de ces expériences, ont été écartées par les dernières et importantes découvertes du docteur Herschel (**). D'après elles, il paroît que la chaleur est susceptible de réfraction et de réflexion, comme la lumière, de sorte qu'il n'est point absurde de supposer que *la chaleur des corps immenses, fixes et denses, puisse être conservée par la grandeur de ces corps, et par leur réaction mutuelles, et par la lumière qu'ils répandent.*

L'existence d'une chaleur souterraine est encore plus probable, d'après les recherches de Mairan, qui tendent à assurer qu'il y a, outre l'influence des rayons solaires, une autre source de la chaleur terrestre (***).

Quelle que puisse être la vérité de ces conjectures, il est certain que la source première et originelle de la chaleur est indépendante de la combustion. La combustion est un *effet* de la concentration de la chaleur; et quoique, par une certaine réaction, il ait le pouvoir de continuer et d'augmenter cette chaleur, il ne peut jamais être regardé comme sa cause matérielle et primitive. Lorsque, cependant, nous supposons une source de chaleur indépendante du feu et de la combustion, nous supposons ce qui certainement existe dans la nature, quoique nous ne connoissions le mode de son existence, et sa

(*) Essai sur le feu.
(**) Trans. philos. 1800, pag. 84.
(***) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1765, pag. 143.

ration de cet élément, lorsqu'il a consolidé les bancs ou lits avec les résultats de notre

---

place, que par les observations faites sur les phénomènes du règne minéral.

29. Enfin, nous ne sommes autorisés, par aucune règle des recherches philosophiques, à rejeter un principe auquel nous sommes directement conduits par une induction de faits, simplement parce que nous ne pouvons pas en donner une explication satisfaisante. Ce seroit avoir une idée bien fausse de la science physique, que de vouloir nier le principe de la gravitation, parce qu'on ne peut pas l'expliquer, ou parce qu'il engage dans de grandes difficultés métaphysiques. Si une absurdité palpable, ou une incompatibilité de faits connus, se trouvent réunies à un principe, il ne doit point être admis à moins qu'il ne puisse servir à donner la raison d'autres apparences. Si, par exemple, le docteur Hutton avoit soutenu que la combustion a continué dans une région privée d'air vital, nous aurions dit qu'il avoit admis une absurdité, et qu'une théorie fondée sur de pareilles assertions est pire qu'une chimère. Mais, si la seule chose qu'on puisse lui imputer est que, conduit par l'induction à admettre la fusion des substances minérales dans les entrailles de la terre, il a regardé l'existence d'une telle chaleur comme capable d'opérer cette fusion, quoiqu'il ne puisse en assigner la cause, je pense qu'on trouvera que son système ne partage qu'une imperfection qui est commune à toutes les théories physiques, et que le plus grand perfectionnement de la science n'écartera jamais.

Ainsi donc, il faut en convenir, nous voyageons dans le *pays des hypothèses et des conjectures*, mais nullement dans celui des *chimères*. Certainement le reproche fait au sujet de la dernière contrée, ne peut venir que de la méchanceté de quelqu'un qui a souvent foulé la *croûte grossière* du chaos, et qui se plaît à demeurer au-delà des bornes de la nature. En restant

expérience journalière. Les matières des lits ont été disposées, comme nous l'avons déjà vu, libres et sans connexion au fond de la mer ; c'est-à-dire, même d'après l'estimation la plus basse, à la profondeur de quelques milles sous sa surface. A cette profondeur, et sous la pression d'une colonne d'eau si considérable, l'action de la chaleur a dû différer beaucoup de celle que nous observons à sa surface ; et, quoique notre expérience ne nous permette pas de calculer cette différence avec exactitude, elle doit néanmoins nous conduire à connoître en quoi elle consiste, et fixer même quelques limites jusqu'où elle peut probablement s'étendre.

La tendance d'une pression toujours croissante, sur les corps soumis à l'effet de la chaleur, sert à contenir la volatilité des parties qui pourroient s'échapper, et à les soumettre à une action plus intense de la chaleur. A une certaine profondeur, sous la surface de la mer, la puissance d'une chaleur, même très-forte, n'a donc pu dégager les parties huileuses et bitumineuses des matières inflammables, de manière que, lorsque la chaleur s'est retirée, ces premiers dépôts se sont trouvés encore unis aux parties terreuses et carboniques, et ont formé une substance très-différente du résidu qu'on obtient sous une pression qui

---

là long-temps, il n'est pas impossible que les figures et les proportions de la nature paroissent difformes et monstrueuses à l'œil tellement accoutumé aux formes fantastiques.

n'excède

n'excède pas le poids de l'atmosphère. Il est donc raisonnable de penser que dans des substances calcaires, soumises à l'action du feu sous une grande compression, le gaz carbonique a été forcé de rester; que la production de la chaux vive a été prévenue, et que le tout s'est trouvé amolli, et même entièrement mélangé. Quoique l'existence de ce dernier effet ne soit pas encore directement prouvée par une expérience, elle devient très-probable par l'analogie qu'il a avec certains phénomènes chimiques.

16. Une analogie de cette espèce a été découverte dans la terre de baryte par le philosophe et célèbre chimiste le docteur Black. La terre de baryte, comme on sait, a une plus forte attraction pour l'air fixe que la terre calcaire commune; de sorte que le carbonate de baryte peut souffrir un grand degré de chaleur avant que son air fixe ne se dégage. Ainsi, en le soumettant à une chaleur toujours croissante, jusqu'à une certaine température, la fusion s'opère, et l'air fixe demeure : si on pousse le feu, l'air se dégage, la terre perd sa fluidité, et paroît dans l'état caustique. Ici, il est clair que la terre de baryte, qui est infusible, ou au moins très-réfractaire *per se*, aussi bien que la terre calcaire, doit sa fusibilité à la présence de l'air fixe. Il est conséquemment probable que la même chose arriveroit à la terre calcaire, si on avoit un moyen de s'opposer au dégagement de l'air fixe, lorsqu'on l'expose à une grande

chaleur. Ce dégagement de l'air fixe est précisément ce qui a été prévenu par la compression dans les régions souterraines; et nous ne devons pas être surpris de rencontrer, parmi les bancs calcaires, des indices réels d'une fusion qui a eu lieu.

17. En supposant une fois que la résistance à la décomposition, et que l'augmentation de la fusibilité des corps, soient des effets de la pression, nous trouverons peu de difficultés à concevoir la consolidation des couches par la chaleur, puisque les intervalles entre les matières détachées, dont elles ont été originellement formées, ont pu être bouchés, ou par l'amollissement de ces mêmes matières, ou par l'introduction d'une substance étrangère dans l'état fluide, ou d'une vapeur élastique. On ne peut faire aucune objection contre cette hypothèse, d'après les considérations exposées dans le cas précédent. Ici, le dissolvant employé doit trouver des pores pour se placer quand ses opérations sont finies; il peut, sans le moindre obstacle, effectuer sa retraite à travers les substances les plus solides et les plus denses du règne minéral; et personne ne niera le pouvoir qu'il a de dissoudre les corps soumis à son action. La chaleur est le plus puissant et le plus général de tous les dissolvans; et, quoique plusieurs corps, comme les calcaires, puissent résister à sa force à la surface de la terre, cependant on vient de démontrer que, par analogie, il faut absolument supposer que, sous une grande

pression, l'acide carbonique de la chaux étant conservé, la pierre de chaux la plus pure ou le marbre ont dû être amollis, ou même fondus. Quant aux autres substances, le doute sur leur fusibilité est encore moins admissible; et, quoique dans nos expériences nous n'ayons pas complettement ôté à la terre siliceuse sa propriété de réfraction, néanmoins nous avons obtenu un degré de mollesse et un commencement de fusion.

Ainsi, il paroît qu'en général on ne peut faire les mêmes difficultés contre les deux théories de la consolidation ou par l'eau ou par le feu; que le dernier se sert d'un agent incomparablement plus puissant que la première, d'une activité plus générale; et qu'il est excessivement plus borné dans les lois de ses opérations, ce qui est d'une importance majeure dans une théorie philosophique.

18. Un examen plus particulier des différentes espèces de fossiles confirmera cette conclusion, et montrera que, par-tout où ils portent des marques d'une ancienne fluidité, ces marques sont propres à caractériser la fluidité de fusion, et à la distinguer de celle qui vient d'une solution produite dans une menstrue. Le docteur Hutton a cité plusieurs exemples de ce genre dans le cours de ses observations soigneuses et recherchées sur les fossiles, dans lesquelles probablement jamais aucun minéralogiste ne le surpassera (*a*).

(*a*) Cette prophétie faite, en 1801, par un Ecossais, en faveur

19. Le bois fossile, pénétré par la matière siliceuse, est une substance bien connue des minéralogistes ; on la trouve en grande abondance dans des situations différentes, et souvent au centre des grandes masses de roches. D'après l'examen, on remarque que la matière siliceuse a pénétré le bois d'une manière très-inégale, de façon que la structure végétale reste intacte dans quelques endroits,

---

d'un Ecossais, n'est pas désolante pour les étrangers, qui comptent leur Haüy, leur Cuvier, leur Brongniart, leur Brochand, leur Lamétherie, leur Deluc, leur Saussure, leur Werner, leur Klaproth, etc. En ne citant ici qu'un très-petit nombre de savans, aux travaux et à la constance desquels nous devons les progrès et l'état actuel de la science qui nous occupe, c'est un sentiment de justice et de reconnoissance qui m'a fait écrire le premier le nom du respectable M. Haüy. J'ai à le remercier de l'estime particulière dont il veut bien m'honorer, du zèle qu'il met dans l'instruction des élèves de l'école Normale, de l'attachement vraiment paternel qu'il leur porte, et de la délicate générosité qu'il emploie pour les familiariser avec les merveilles de la Nature. C'est aux dépens de son propre cabinet que ce professeur compose celui de l'école; c'est ainsi qu'il fournit aux jeunes gens les moyens de confirmer les connoissances théoriques par des faits matériels.

Nos élèves savent que c'est à ce profond minéralogiste que nous devons ces grands principes de classification, ces applications géométriques à des corps qui n'en paroissent pas susceptibles, et qui ont fait de la minéralogie une science fixe, exacte, déterminée, qui a enfin son langage propre et invariable.

Nos élèves n'oublieront jamais les leçons de ce maître célèbre, et il n'en est pas un qui n'ait déjà inscrit, dans les époques mémorables de sa vie, l'honneur d'avoir assisté aux leçons de M. Haüy. Leur vénération et leur respect s'accroissent encore quand, à l'immortalité accordée aux fruits de ses travaux, ils y voient réunie celle qui est due à la pratique des vertus sociales. La principale de ces vertus, je le sais, est la modestie: si donc celle de M. Haüy se trouve alarmée par l'éloge que la vérité a exigé de moi; si dire du bien est un crime, je consens volontiers qu'il me range au nombre de tous les coupables qui ont le bonheur de le connoître et de l'apprécier.

(*Note du Traducteur.*)

tandis que dans d'autres elle est perdue dans une masse homogène d'agate ou de jaspe. Lorsque cela arrive, on voit que la ligne qui sépare ces deux parties est dure, distincte et entièrement différente de ce qui a été déplacé. Si le flint a été introduit dans le corps du bois par un fluide qui le tenoit en dissolution, il a fallu qu'il s'étendît par-tout, sinon d'une manière uniforme, au moins par une gradation régulière. Dans ces échantillons de bois fossile, dont quelques parties sont pénétrées par l'agate, sans que les autres le soient, on remarque la même terminaison brusque, ce qui est une apparence très-caractéristique de la fluidité produite par la fusion. (*a*)

20. Les nodules ronds de flint que l'on trouve dans la craie, entièrement isolés, et séparés les uns des autres, présentent un argument de la même espèce; car, si la matière du flint n'a été portée dans la craie par aucun dissolvant, elle a dû être déposée avec un certain degré d'uniformité, et ne devroit pas paroître aujourd'hui en masses séparées, et sans aucune marque de son existence dans les parties intermédiaires. D'un autre coté, si nous concevons que le flint en fusion a été injecté avec violence dans la craie, et l'a pénétrée, comme

---

(*a*) J'ai, de l'île d'Anglesey, dans ma collection, un morceau de bois fossile, que l'agate a pénétré, qui offre par une nuance très-tranchante, d'un côté la structure végétale, de l'autre une masse amorphe.

(*Note du Traducteur.*)

le mercure pénètre tous les pores du bois par la pression, il doit, par l'effet du refroidissement, montrer les mêmes apparences que celles qui se présentent à nous aujourd'hui dans les bancs de craie de l'Angleterre.

La pierre de poudding siliceuse est un exemple étroitement lié avec les deux derniers. On y trouve les cailloux et le ciment qui les unit, ne formant qu'une masse de flint également dure et consolidée; et cette circonstance, qu'il est impossible d'attribuer à l'infiltration, ou à l'insinuation d'un dissolvant aqueux, est parfaitement d'accord avec la supposition, qu'un ruisseau de flint fondu a été injecté avec force dans une masse de gravier libre et détaché.

21. Quoique la pierre de sable commune n'offre point d'indication d'une ancienne fluidité, elle porte cependant de fortes apparences des effets de la chaleur. Cela s'observe sur-tout dans ces morceaux où les grains de sable quartzeux, dont ils sont composés, sont fortement réunis sans le secours d'aucun ciment. Cette apparence, très-commune, contrarie toute idée de consolidation, excepté celle qui est produite par un commencement de fusion qui, par le moyen d'une pression convenable, a forcé les grains de sable à se réunir en blocs de pierre.

On a avancé que, pour former une pierre, il suffisoit que l'attraction corpusculaire pût avoir lieu par la simple juxta-position des particules pierreuses. A cela, le docteur

Hutton a très-bien répondu qu'en admettant la possibilité de produire, par ce moyen, un corps dur et ferme, chose dont nous n'avons pas de preuve, il resteroit encore à expliquer la contexture serrée et compacte des pierres dont nous parlons maintenant; et, d'après cela, il est évident que la simple apposition des particules, et la force de leur attraction mutuelle, ne prouvent rien.

22. Quoique les faits qui démontrent que les couches ont dû subir l'action d'une chaleur considérable, aient été déduits immédiatement de celles du genre siliceux, ils conviennent en réalité à toutes les espèces de couches avec lesquelles elles alternent. Il est impossible que la chaleur d'une intensité telle que nous la supposons, ait agi sur un stratum particulier, et non sur ceux qui lui sont contigus; et, comme il n'y a aucune espèce de stratum qui ne renferme en mélange le quartz et la silice, il n'y en a aucun dont la consolidation ignée ne soit probable. Nous ne pousserons pas plus loin cet argument, puisque chaque genre de fossile, à la simple vue, plaide lui-même sa propre cause.

23. Les fossiles du genre calcaire offrent peut-être moins de ces apparences. Cependant il se rencontre parmi eux beaucoup de faits qui, quoique sans liaison avec les autres, suffisent pour établir l'action d'un feu souterrain. Telles sont, par exemple, les brèches calcaires, composeés de fragmens de

marbre ou de pierre à chaux, non seulement adaptés les uns aux autres, mais engagés par des dentelures assez semblables aux sutures du crâne humain. De ces exemples il est impossible de ne pas conclure que ces fragmens calcaires ont été établis dans un état de mollesse, lorsqu'ils se sont consolidés en une seule masse. Or cette mollesse ne peut être attribuée qu'à la chaleur, car il faut convenir que tout autre dissolvant n'est nullement capable d'amollir d'énormes fragmens de pierre, sans les dissoudre en même temps.

24. Dans d'autres circonstances (VIII[e] note),

(VIII[e] note.) *Structure spathique des pétrifications calcaires.* 30. Lorsque les coquilles et les coraux, renfermés dans la pierre de chaux, sont notés par les minéralogistes, ils ne considèrent pas toujours l'état dans lequel ils les ont trouvés. Ils ont en général une structure spathique bien différente de celle de la coquille ou du corail original, dont cependant ils conservent exactement la figure, quoique altérés quelquefois sous le rapport de la dimension. Ces coquillages, quoique spathique, sont souvent foliés, et conservent leur animal, réuni à leur texture minérale. Cette cristallisation indique quelque opération toute différente de celles qu'on peut attribuer à l'eau où ces corps ont pris leur origine, et par laquelle ils ont été mis à leur place. Ils ont été imperméables à l'eau; et on ne peut pas dire que cette structure vienne de la filtration de ce fluide, qui auroit apporté dans leurs pores de nouvelles matières calcaires. Je pense qu'on ne peut rendre compte de ce changement, qu'en supposant qu'ils ont été assez amollis par la chaleur, pour

il paroît certain que les pierres du genre calcaire ont été réduites par la chaleur à un

---

permettre à leurs parties de prendre un nouvel arrangement, et l'organisation caractéristique des substances minérales.

Il faut observer ici que tous les coquillages n'ont pas subi ce changement : ceux, par exemple, qu'on trouve dans la craie retiennent parfaitement leur forme originale, sous tous les aspects. C'est ce que nous devons attendre d'un degré très-différent d'intensité avec laquelle la cause minéralisante a agi sur la craie, sur la pierre de chaux, ou sur le marbre. En général, c'est dans les pierres de chaux les plus dures et les mieux consolidées que les corps marins se sont le plus complettement changés en spath.

Il seroit fort intéressant d'examiner si quelque partie d'acide phosphorique reste unie aux coquillages de cette espèce. On seroit porté à croire qu'il y en a un peu dans ceux qui sont moins minéralisés.

Cette expérience nous feroit apprécier la force de l'argument de M. Kirwan contre les marbres les plus fins, tels que celui de Carrare, qui renferme des coquilles (*). Cet argument est fondé sur une expérience rapportée dans les *Mémoires de Turin* de l'année 1789, d'après laquelle il paroît que, dans la pierre de chaux pure, il n'y a point d'acide phosphorique; et M. Kirwan dit qu'on ne peut attribuer son absence à la fusion, puisque cet acide est indestructible par la chaleur.

Il appelle cela une démonstration ; mais, avant de l'admettre pour telle, il faudroit d'abord, et nécessairement, prouver que l'acide phosphorique existe dans ces pierres de chaux composées de coquilles minéralisées. Si on les trouve sans acide phosphorique, il est évident que l'argument tombe de lui-même. Si on les trouve avec l'acide, ce sera alors une probabilité, et

(*) Essais géologiques, pag. 458.

état de fluidité beaucoup plus parfait. Telles sont les salines ou les plus fines espèces de marbres, et beaucoup d'autres substances qui ont une structure très-cristalline, et qui ont dû être amollies jusqu'à un léger degré de fusion, avant que la cristallisation ait pu avoir lieu. Les pétrifications même, qui abondent dans les pierres à chaux, tendent à établir le même fait, car elles ont une structure spatheuse, et elles ne la doivent qu'à leur passage de l'état fluide à l'état solide.

25. En attribuant à l'action de la chaleur

---

non une démonstration, que le marbre de Carrare ne doit pas son origine directe aux coquilles.

D'après la situation dans laquelle on trouve les os dans les grottes de Bayreuth, il est évident que la nature emploie quelque moyen pour séparer cet acide de la terre de ces os, et probablement aussi de la terre des coquilles. Celles qui sont les plus récentes et les moins pétrifiées contiennent plus d'acide phosphorique, qui n'existe pas quand la pétrification est parfaite.

31. Parmi la plupart des strata, il y a eu une telle fluidité, que quelques substances qui s'y sont trouvées renfermées s'y sont cristallisées. Le spath calcaire et les cristaux siliceux se rencontrent souvent dans des roches stratifiées, formant des veines de sécrétion, ou tapissant l'intérieur des cavités, enfermées de tous côtés par un roc non cristallisé. Dans le gneiss et beaucoup d'espèces de marbres, presque toute la matière du stratum est cristallisée. Cette union, d'une structure stratifiée et cristallisée dans la même substance, a une grande affinité avec l'union de la structure cristalline et *organique* des coquilles et des coraux dont nous venons de parler : et il faut rapporter, sans doute, l'une et l'autre à la même cause.

ces apparences de fluidité, le docteur Hutton a procédé d'après le principe déja posé, et conforme à l'analogie, que la terre calcaire, sous une grande compression, peut retenir son air fixe, malgré l'action d'une forte chaleur, et, par ce moyen, être mise en fusion, ou dans un état qui en approche. Dans tout ceci, je ne pense pas qu'il se soit écarté des règles les plus strictes qui conviennent aux recherches philosophiques. Les faits que nous avons établis prouvent que la pierre calcaire a été autrefois amollie, et que ses fragmens ont conservé en même temps leur forme particulière, effets que nous ne pouvons comparer qu'à ceux qui sont produits par le feu. Cependant, quoique nous ne puissions conjecturer comment il est possible d'exposer à la chaleur la pierre à chaux, de manière à la fondre au lieu de la réduire en chaux vive, nous avons été néanmoins forcés de mettre en supposition tous les phénomènes que nous découvrons aujourd'hui dans les entrailles de la terre; et, quoique nous ne puissions pas rendre raison d'un fait, nous n'avons pas le droit de le nier. Ce principe nous tranquillise sur une difficulté qui, tout épineuse qu'elle soit, ne peut renverser cette théorie de la terre.

26. Parmi les argumens que présentent les strata argileux pour la consolidation ignée, j'en choisirai un dont le docteur Hutton s'est servi comme de base fondamentale, et que quelques adversaires de ce système ont tâché

de réfuter. Cet argument est fondé sur la structure de certaines pierres ferrugineuses appelées *septaria* (*a*), qu'on rencontre souvent dans le schiste argileux, particulièrement dans le voisinage du charbon. Ces pierres sont ordinairement de forme lenticulaire ou sphéroïde, et sont divisées, dans leur intérieur, en *septa* distinctes par des veines de spath calcaire, dont une rangée est circulaire et concentrique, et l'autre rectiligne. Ces *septa* ou chambreés, divergent du centre de la première, et diminuent de grandeur à mesure qu'elles s'en éloignent. Maintenant, ce qui est sur-tout remarquable, c'est que ces veines se terminent avant d'atteindre à la surface de la pierre, de manière que la matière qui les remplit n'a pas pu y être introduite du dehors par l'infiltration, ou par aucun autre moyen. La seule supposition donc qui reste pour expliquer la singulière structure de ce fossile, est que toute la masse a été originairement fluide, et qu'en refroidissant, la partie calcaire s'est séparée du reste, et s'est ensuite cristallisée.

27. On s'est opposé à cette théorie des *septaria*, en disant que souvent on trouve ces pierres avec des veines calcaires qui s'étendent sur toute la circonférence, et qui par conséquent ont eu communication avec

---

(*a*) J'ai rapporté, de l'Ecosse, plusieurs échantillons de ce fossile. *Voy.* planche première.

(*Note du Traducteur.*)

le dehors. Mais il faut observer que ce fait ne détruit pas l'argument tiré des échantillons qui n'ont point eu cette communication avec l'extérieur. Ce n'est tout au plus qu'une objection équivoque, qu'on peut résoudre par les deux théories opposées, et qui peut s'accorder soit avec les notions de la consolidation ignée, soit avec celles de la consolidation aqueuse : mais, s'il existe dans la nature un seul *septarium* fermé, il faut l'expliquer par une des deux théories, et nécessairement négliger l'autre. En outre, il est évident qu'un *septarium* fermé n'a jamais pu être ouvert, quoiqu'un *septarium* ouvert ait pu très-bien avoir été fermé ; et, comme cette pierre, dans certaines circonstances, est sujette à une exfoliation (*a*) continuelle, il seroit étonnant qu'on n'en eût pas rencontré une seule avec une surface couverte de veines. D'après la lumière que ces fossiles répandent sur leur propre histoire, ces deux espèces de *septaria* doivent être considérées séparément. Cela montre combien il est nécessaire, dans tout raisonnement d'induction, et particulièrement dans un sujet aussi compliqué que la géologie, de séparer avec soin tel phénomène qui admet deux solutions, de tel autre qui n'est susceptible que d'une.

(*a*) Il est bon de remarquer que les *septaria* qui montrent les veines calcaires à l'extérieur, ont perdu leur forme lenticulaire ou sphéroïde.

(*Note du Traducteur.*)

28. Nous avons maintenant (IXe note) à examiner les strata bitumineux, parce que, dans beaucoup de circonstances, leur dis-

---

(IXe note.) *Pétrole*, etc. 32. Suivant la théorie du charbon exposée plus haut, les deux substances principales, le charbon de bois et le bitume, produits l'un et l'autre par les règnes végétal et animal, de la terre et de la mer, ont formé ensemble une nouvelle combinaison par l'action de la chaleur souterraine; mais, dans quelques cas, elles ont aussi été séparées par la même action, lorsque le degré de compression, nécessaire pour leur union, a manqué. La partie charbonneuse, séparée ainsi de la partie bitumineuse, forme le charbon infusible, qui brûle sans flamme : la partie bitumineuse, lorsqu'elle est séparée de la partie charbonneuse, se rencontre sous les formes variées de naphte, de pétrole, d'asphalte, et de jais.

La grande ressemblance du charbon infusible ou *blind-coal* avec le résidu obtenu par la distillation du charbon bitumineux; et de plus la coïncidence des bitumes cités avec la partie volatile ou la matière produite par la distillation, sont de forts argumens en faveur de cette théorie. Les autres faits dans l'histoire naturelle du charbon servent à confirmer la même conclusion; mais il faut avouer que tout ce que nous connoissons des bitumes purs, excepté la circonstance en question, est d'une grande ambiguïté, et peut se rattacher avec les différentes théories. Les nodules de pétrole contenus dans les cavités de la pierre de chaux, cités au § 31, sont des faits notoires qui viennent à l'appui des opinions du docteur Hutton, et qui sont présentés par des substances purement bitumineuses. Des observations soigneuses nous en feroient probablement connoître d'autres d'une espèce différente, car la pierre calcaire est souvent la matrice qui renferme le pétrole et l'asphalte. Les plus grandes mines d'asphalte sont en Europe, dans la pierre de chaux du *Val-de-Travers*, au territoire

semblance avec les autres substances minérales les rend ce que lord Bâcon appelle une

---

de Neufchâtel. C'est par l'application de la chaleur qu'on extrait cette substance, quoique dans quelques endroits elle coule d'elle-même. Les strata, pendant quelques lieues, sont imprégnés de bitume ; et, si l'on apportoit dans ces recherches beaucoup d'attention, on y trouveroit probablement des échantillons semblables à ceux dont nous venons de parler.

33. On remarque en général que, dans les endroits où on trouve le pétrole, en creusant plus avant on arrive à l'asphalte ; et à une plus grande profondeur, on parvient au charbon. Ceci n'est pas probablement invariable, mais il est certain que la plupart des fontaines de pétrole sont dans les environs des lits de charbon. On trouve en abondance dans l'Alsace le pétrole et l'asphalte dans un lit de sable, entre deux lits d'argile, ou schiste argileux, et la même contrée produit du charbon (*). Ceci est également vrai pour la poix fossile de la mine de charbon de Brookdale, et pour le pétrole du puits de Sainte-Catherine près d'Edimbourg. L'Auvergne (**) possède en abondance la poix fossile qui, dans la saison chaude, suinte d'une roche qui en est imprégnée dans toute sa masse ; et non loin de là se trouvent encore des strata de charbon.

Une observation très-satisfaisante, relative à cet objet, vient de nous être communiquée d'un pays dont l'histoire naturelle jusqu'ici nous étoit inconnue. Dans l'empire de Burmha, on tire le pétrole d'une terre argileuse, à la profondeur de 70 coudées. Cette argile, ou schiste, est sous un lit de pierre ; et par dessous le tout, à environ 130 coudées de la surface, se voit un lit de charbon (***).

34. Dans le lac de pétrole de l'île de la Trinité,

(*) Encyclopédie, mot *asphalte*.

(**) Voyage en Auvergne par Legrand, tom. 1 ; pag. 351.

(***) Recherches asiatiques, vol, 6, art. 6, pag. 130.

instantia singularis, et parce qu'ils tiennent le premier rang parmi les faits qui doivent

---

décrit dans les *Trans. phil.* 1789, le pétrole suinte évidemment d'une roche, et par une multitude de sources se réunit au fond, après quoi il se durcit, et prend la consistance de la poix. Cependant la manière d'être du pétrole, dans les strata, s'accorde parfaitement avec l'idée de son introduction sous la forme d'une vapeur chaude.

L'ambre même paroît avoir quelque relation avec le charbon ; on le trouve en Prusse et en Poméranie dans une terre légère ; mais j'ignore si les voyageurs ont visité eux-mêmes ces localités. Dans ces mêmes endroits où se trouve l'ambre, se rencontre souvent un mélange de matière charbonneuse, qui brûle dans le feu ; son apparence est fibreuse, et on la considère comme une espèce de bois fossile (*).

Ces circonstances prouvent la connexion qui existe entre les bitumes purs et le charbon ordinaire; mais, il faut le dire, elles n'établissent rien de certain sur la relation la plus immédiate supposée dans cette théorie entre ces deux substances, et le charbon sans bitume (*blind-coal*). Il est probable que, pour découvrir des faits de cette espèce, il faut examiner la nature de ces deux substances, et en particulier celle du charbon sans bitume, avec plus de soins qu'on ne l'a fait jusqu'à présent.

35. Un fait avancé par M. Kirwan n'est pas moins important, quoique contraire à cette théorie; c'est que, dans les environs de la mine de Kilkenny, on ne trouve ni pétrole, ni bitume fossile, comme on devroit s'y attendre, si le charbon a été privé de sa partie bitumineuse par une distillation souterraine (**). Ceci, cependant, demande explication. Dans l'hypothèse en question, quoiqu'une connexion générale doive avoir lieu

(*) Buffon, hist. nat. des minéraux, tom. 2, pag. 5.

(**) Essais géol. pag. 473.

conduire

conduire à une recherche concluante. Mais, quoique différens des autres fossiles en substance, et composés, comme on l'a démontré, de matières, qui originellement n'ont point appartenu au règne minéral, ces strata s'accordent, sous beaucoup de rapports, avec les lits déjà mentionnés. Ils sont disposés de la même manière, et alternent indifféremment avec toutes les roches secondaires; et, étant formés dans la même région, ils ont

---

entre les bitumes et le charbon infusible, nous ne devons pas la retrouver dans toutes les circonstances. La chaleur qui a enlevé le bitume d'une partie du stratum de charbon, a pu le faire entrer dans une partie plus froide du même stratum; et, en le séparant ainsi d'une portion de la matière charbonneuse, elle a pu la réunir à une autre. On peut donc trouver le charbon sans bitume (*blind-coal*) par-tout où le bitume aura été ainsi chassé. De même, le bitume peut avoir aussi été séparé de l'endroit où le charbon n'étoit pas réduit à l'état de *coak* (*a*), de manière à ne pas s'échapper tout-à-fait, et à rester en abondance suffisante pour rendre encore le charbon fusible.

Il faudroit également observer si le bitume a été réellement enlevé, s'il a été forcé d'entrer, par l'état de vapeur, dans quelque stratum argileux ou calcaire, et si ce stratum a été détruit et bouleversé depuis longtemps, en sorte que tout le bitume qu'il contenoit ne soit plus visible. Il ne s'ensuit pas pourtant nécessairement, que, par-tout où se trouve le charbon sans bitume, nous devions trouver quelques échantillons très-purs de bitume.

(*a*) Je ne connois pas, dans notre langue, de mot pour traduire ce terme anglais. L'équivalent doit être celui de concrétion. (*Note du Traducteur.*)

éprouvé les mêmes accidens, et subi l'opération des mêmes causes. Ils sont traversés, comme les autres, par les veines de toute espèce de métal, de spath, de basalte, et d'autres substances; et quel que soit l'argument qu'on puisse avancer désormais pour prouver l'action du feu sur des lits ainsi traversés, il peut convenir au charbon aussi bien qu'à tout autre minéral. De plus, les lits de charbon contiennent, en assez grande quantité, des pyrites, substance qui, peut-être plus qu'aucune autre, se montre avoir été le produit du feu. Ce composé de métal et de soufre, que l'on trouve dans les corps minéraux de toute espèce, est, je crois, sans aucune exception, détruit par l'humidité, et dissous en un sel vitriolique. On le rencontre indépendamment dans les lits, non sous la forme de veines, ce qui pourroit faire supposer qu'elles sont d'une formation plus récente que les lits eux-mêmes, mais il existe, dans le cœur des roches les plus dures, souvent bien cristallisé, et renfermé de tous côtés hermétiquement. Les pyrites ont donc été présentes lorsqu'ils ont été consolidés. Si cette consolidation eût été opérée par la voie humide, on ne pourroit concevoir qu'on eût trouvé dans ces lits une substance dont l'existence est incompatible avec l'humidité. Cet argument en faveur de l'origine ignée des strata est applicable à tous, mais particulièrement à ceux de charbon, comme abondant plus en pyrites qu'aucun autre.

29. La difficulté qui se présente ici d'elle-même, savoir, comment une matière végétale, telle que nous supposons qu'a été le charbon, a pu être exposée à l'action d'une chaleur très-considérable, sans perdre ses parties inflammables, est prévue par le principe déjà expliqué des effets de la pression. Le poids énorme qui a pesé sur les lits de charbon au moment de l'action du feu dans les régions minérales, a dû être assez fort pour retenir les huiles, les bitumes, ainsi que les parties sulfureuses, quoique le tout eût été réduit presqu'en fusion. C'est ainsi que, par le refroidissement, le soufre, s'unissant au fer, s'est cristallisé, et a formé les pyrites.

30. La compression, cependant, n'a pas, dans toutes les circonstances, maintenu le bitume en union avec le carbone de charbon; ce qui devient un indice de l'opération du feu particulier à ce fossile, et que l'on trouve dans ces espèces infusibles, qui ne contiennent point de bitume, et qui se consument sans flamme. Quelques-unes de ces espèces sur-tout, et toutes en général, ressemblent, à un très-haut degré, aux productions qu'on obtient par la distillation du charbon bitumineux; c'est un charbon de bois uni à une base terreuse en différentes proportions. Il est donc naturel de conclure que cette substance, préparée dans le sein de la terre par l'action du feu, s'est dégagée, dans quelques cas particuliers,

de la partie inflammable du charbon. Ces rares exceptions, au reste, de l'effet de la chaleur ne détruisent pas l'effet général attribué à la compression. Les conditions nécessaires pour retenir les parties les plus volatiles, ont pu ne pas agir par-tout dans le même degré, de manière que, quoique ces parties n'aient pas disparu, elles ont été renvoyées d'un côté du stratum à un autre, ou même du corps du stratum à un autre.

31. Comme preuve de ce qu'on vient d'avancer, il faut observer que la partie fixe du charbon est trouvée, dans les entrailles de la terre, tellement séparée de la partie volatile ou bitumineuse, et cela dans le voisinage des couches de charbon, que la dernière est quelquefois sans le moindre mélange de la première. Les fontaines de naphte et de pétrole sont bien connues; et le docteur Hutton a décrit un stratum de pierre de chaux, placé dans le centre d'une contrée à charbon, qui est traversé et teint dans toute sa masse par une matière bitumineuse, et présente dans son intérieur beaucoup de cavités fermées: ces cavités renferment de la poix fossile quelquefois en grands morceaux, souvent en gouttes hémisphériques, et recouvertes, sur toute leur surface, de lignes de spath calcaire (*a*). Cette combinaison n'a pu être effec-

---

(*a*) En visitant la carrière d'Alstonmoore, dans le Derbyshire, qui fournit les plus belles masses de spath fluor, j'ai rapporté plusieurs morceaux, d'un pied de diamètre, de cette substance

tuée que par une partie de la matière inflammable que la chaleur a chassée de dessous des lits de charbon, et qui a pénétré la pierre à chaux, tandis qu'elle étoit encore molle et susceptible d'être traversée par des vapeurs échauffées.

32. Jusqu'ici nous nous sommes occupés des fossiles qui ne sont pas du tout, ou qui ne sont que très-peu solubles dans l'eau. Il y a cependant dans les strata minéraux des corps salins, comme, par exemple, le sel gemme, qui sont réellement dissous dans l'eau; et il faut encore examiner par quelle cause leur consolidation s'est effectuée.

Ici, les théoristes qui regardent l'eau comme le seul agent de la minéralisation des fossiles, ont une difficulté de moins à résoudre, mais c'est pour en trouver une autre beaucoup plus épineuse. On ne peut pas dire maintenant que la menstrue qu'ils emploient soit

---

étonnante appelée *bitume élastique*. Ces morceaux, d'une *spongiosité* différente, contiennent des nodules de bitume très-concret, qui y sont comme enchâssés. Le bitume absolument spongieux n'en contient pas, tandis que celui qui est feuilleté en est rempli. Ces nodules ont plus d'un pouce de diamètre, et ressemblent bien, par la cassure, à la pierre obsidienne, sinon par sa couleur, au moins par son aspect vitreux.

Ces gros échantillons ont été coupés par les mineurs seuls, qui, pour leurs intérêts, n'admettent point de témoins dans cette opération. Mais, heureusement, j'ai trouvé un morceau de la matrice du spath fluor, avec une espèce de végétation de bitume élastique, qui, depuis 10 ans qu'il est dans ma collection, croît insensiblement par un suintement continuel. C'est à un habile chimiste à expliquer ce phénomène.

(*Note du Traducteur.*)

incapable de dissoudre les substances exposées à son action, comme dans le cas des corps pierreux; mais on peut fort bien demander comment l'eau est parvenue à déposer les sels qu'elle tenoit en dissolution, et à les déposer si abondamment dans quelques endroits, sans le moindre vestige d'une déposition semblable dans les lieux immédiatement contigus; s'ils se refusent à appeler à leur secours un autre élément, ils ne répondront pas facilement à cette question, et ils sentiront l'embarras d'un système soumis à deux difficultés, si exactement, mais si malheureusement réunies, que l'une d'elles est toujours prête à agir, lorsque l'autre est écartée. Si, d'un autre côté, ils veulent admettre l'opération de la chaleur souterraine, il paroît possible que l'application locale d'une telle chaleur ait pu chasser l'eau, en vapeurs, d'une place à une autre; et, par cette action souvent répétée sur le même point, produire cette immense accumulation de matières salines que l'on trouve aujourd'hui dans les entrailles de la terre.

33. Mais, en accordant que le sel et l'eau ont été séparés, ou par le moyen indiqué ci-dessus, ou par un autre qui nous est inconnu, une action ultérieure de la chaleur semble requise, avant qu'un corps compacte et très-dur, tel qu'est la roche de sel, puisse être produit. La simple précipitation du sel, comme l'a observé le docteur Hutton, auroit seulement formé, dans le fond de la mer, un assem-

blage de cristaux détachés, sans solidité ou cohésion : et, pour convertir cette masse en un roc solide, il a fallu l'application d'un feu assez grand pour la mettre en fusion. La consolidation des roches de sel, de quelque manière qu'il ait été séparé de l'eau, ne peut s'expliquer que par l'hypothèse de la chaleur souterraine.

34. Quelques autres phénomènes, observés dans les mines de sel, viennent à l'appui de cette conclusion. La roche de sel du Cheshire, composée de lits très-épais, interposée dans des strata de pierre argileuse ou marneuse, et mélangée elle-même avec une portion considérable de la même terre, présente une très-grande particularité dans sa structure (*a*). Quoique le sel forme une masse très-compacte, on le trouve en morceaux arrondis de cinq à six pieds de diamètre, pas tout-à-fait sphériques, mais chacun de ces morceaux comprimé par ceux qui l'entourent, de manière à représenter un polyèdre régulier. Ils sont formés d'écailles concentriques, distinctes l'une de l'autre par leur couleur, effet probable de la plus ou moins grande quantité de terre qu'elles contiennent; de sorte que, lorsqu'il se trouve à la voûte de la mine une section horizontale, on la voit divisée en

(*a*) Je suis descendu dans cette usine, et j'en ai rapporté des échantillons blancs, gris et rouges dans tous les degrés de cristallisation, depuis la terre pure jusqu'au sel sans mélange.
(*Note du Traducteur.*)

figures polygonales, dont chacune renferme une multitude de polygones, et le tout représente assez bien un pavé en mosaïque. Dans les espaces triangulaires hors des polygones, le sel est en écailles parallèles aux côtés des polygones.

Il seroit inutile de chercher à définir les circonstances qui sont cause de cette singulière structure : cependant, quelques conclusions générales qui y ont rapport semblent s'offrir d'elles-mêmes à nous. Il est clair que toute la masse de sel a été autrefois fluide, et que les forces, quelle qu'en ait été la nature, qui lui ont donné la solidité, et qui ont produit le nouvel arrangement de ses particules, ont été toutes en action dans le même temps. L'uniformité de la structure écailleuse en est une preuve, et sur-tout la compression du polyèdre, qui est toujours mutuelle, le côté plat de l'un tourné vers le côté plat de l'autre, et jamais un angle vers un angle, ni un angle vers un côté. Les écailles, formées comme si elles étoient arrondies par différens centres d'attraction, sont encore une apparence qui répugne entièrement à la notion de la déposition ; mais ces écailles cependant s'accordent bien avec la notion de la solidité acquise par le refroidissement d'un fluide, là où toute la masse a été mise en action dans le même temps, et là où le dissolvant a entièrement disparu après la consolidation du reste.

35. Une autre espèce de sel fossile montre

des apparences également favorables à la consolidation ignée. C'est la trona d'Afrique, qui n'est rien autre chose que la soude, ou l'alcali minéral dans un état particulier. L'échantillon de ce fossile, de la collection du docteur Black, et maintenant dans celle du docteur Hope, est d'une structure spatheuse et radiée, et est évidemment la partie d'une veine, puisque d'un côté il offre une croûte pierreuse, et de l'autre sa complette structure spathique. Ce fossile ne contient environ que la sixième partie de l'eau de cristallisation essentielle à ce sel, lorsqu'on l'obtient par la voie humide : et, ce qui est digne de remarque, il ne perd pas cette eau, et il n'est point recouvert de poudre, comme l'alcali commun, par la simple exposition à l'air. Il est évident donc que ce fossile ne doit pas son origine à la simple précipitation. Si nous ajoutons qu'il contient dans sa structure des marques certaines d'une ancienne fluidité, nous sommes un peu fondés à avoir des doutes sur le principe de sa consolidation.

Ainsi donc, les témoignages donnés en faveur de l'opération du feu, ou de la chaleur, comme pouvoir consolidant du règne minéral, ne se bornent pas à un petit nombre de fossiles, mais s'étendent à tous les strata en général. Il nous reste à examiner jusqu'à quel point la même conclusion convient aux fossiles non stratifiés.

3. *Position des strata* (*).

36. Nous avons vu de quelles matières sont composés les lits (x[e] note), et par quel pou-

---

(x[e] note) *Hauteur au-dessus du niveau de la mer, à laquelle se rencontrent aujourd'hui les indications de dépositions aqueuses*. 36. Nous avons deux méthodes pour déterminer le *minimum* du changement arrivé au niveau relatif de la mer et de la terre, ou pour fixer une limite que ce changement a nécessairement dépassée: l'une, en observant à quelle hauteur la stratification des montagnes s'élève au dessus du niveau actuel de la mer; l'autre, en déterminant la plus grande hauteur au dessus de ce niveau, à laquelle on trouve à présent les restes d'animaux marins. De ces deux marques, la première semble préférable, puisque le fait sur lequel elle est appuyée est le plus général, et le moins sujet aux variations des causes accidentelles, ou de celles qui depuis ont formé les roches. Les résultats des deux néanmoins, si nous saisissons soigneusement les cas extrêmes, s'accordent beaucoup mieux qu'on ne pourroit l'espérer.

37. Le mont Rosa, dans les Alpes, est entièrement de roches stratifiées, disposées très-régulièrement, et presque horizontales (**). Le plus haut sommet de cette montagne est, d'après Saussure, 2,430 toises, ou 14,739 pieds anglais au dessus du niveau de la mer, ou plus bas que l'extrémité du Mont-Blanc de 20 toises, ou 128 pieds (***). C'est là, je crois, le point le plus élevé sur la surface de la terre, où l'on puisse reconnoître des marques certaines de stratification; car, quoique, d'après le même minéralogiste, le Mont-Blanc soit lui-même stratifié, cependant, comme sa roche est de granite, sa

(*) Théorie de la Terre, vol. 2, pag. 120.
(**) Voyages aux Alpes, tom. IV, § 2318.
(***) Ibid. § 2135.

voir ils ont été consolidés ; nous devons chercher à présent pourquoi ils sont si éloignés

---

stratification verticale et un peu douteuse, il est beaucoup moins propre que le mont Rosa à fixer la limite en question.

38. De plus, nous avons dans le Nouveau Continent un exemple de coquillages contenus dans une roche presque de la hauteur du mont Rosa. Elle est décrite par Dom Ulloa, comme étant au Pérou, près de la mine de mercure, à Guanca-Velica. Cet échantillon de coquillages a été donné par Ulloa à M. le Gentil, et a été trouvé à la hauteur de 2,222 toises et un tiers, 14,190 pieds anglais, au dessus du niveau de la mer (*). Cette hauteur s'accorde avec la précédente, moins 549 pieds, ce qui n'est comparativement qu'une quantité très-petite.

39. M. Kirwan fait un commentaire curieux sur le dernier fait. Comme il a prouvé, dit-il, que les montagnes plus élevées que 8,500 pieds ont toutes été formées avant la création des poissons, il suit que ces coquilles, trouvées à Guanca-Velica, y ont été portées par le déluge (**). Maintenant, sans nous arrêter à réfuter de pareilles preuves, quoiqu'elles paroissent bien susceptibles de l'être, il suffit de remarquer que, si les coquillages de Guanca-Velica ont été déposés là par le déluge, ou par quelque autre cause productrice de la roche qui en est formée, ils ne peuvent faire partie de cette roche; mais ils doivent, comme les autres fossiles accessoires, être répandus d'une manière détachée sur sa surface, ou tout au plus être enchâssés extérieurement sur la pierre. Cependant ce n'est pas le cas, car nous lisons dans la description de Dom Ulloa à M. Le Gentil, « qu'il avoit détaché ces coquilles d'un banc fort épais; » ce qui semble indiquer clairement que les

(*) Voyez, Hist. de l'Acad. des Sciences, 1770. Physique générale. N° 7.
(**) Essais Géol. pag. 54.

maintenant des régions qu'ils ont occupées dans le principe, et pourquoi, après avoir été

---

coquilles étoient renfermées dans un lit de roches. Mais, en accordant que l'expression soit ambiguë, et en revenant aux Mémoires philosophiques du même auteur, la difficulté n'existe plus, et il devient évident que ces coquilles sont, dans le fait, partie intégrante de la roche. « On voit dans ces montagnes, aux environs de Guanca-Velica, et particulièrement à la mine de mercure, des coquilles entières pétrifiées, et enfermées au milieu de la roche, que les eaux de pluie mettent à découvert. Ces coquilles font corps avec la pierre; mais, malgré cela, on remarque que la partie qui fut coquille, se distingue par la couleur, la structure, la qualité de la matière de tout autre corps pierreux qui l'enferme, et du massif qui s'est fixé entre les deux écailles, etc. (*). » Il continue, et dit qu'on peut remarquer, sur ces coquilles, des indices du frottement qu'elles ont éprouvé avant d'être renfermées dans la pierre.

40. Quelles que soient les preuves fournies par les coquilles, il paroît que la roche qui les contient a été formée sous l'eau, ce qui est démontré par les coquillages de Guanca-Velica; nous avons donc le droit de conclure que le niveau relatif de la mer et de la terre a changé, depuis la formation de cette dernière, de plus de 14,000 pieds. La hauteur, prise dans le § 37, est pourtant trop au dessous de la vérité : et l'eau, pour laquelle les Neptunistes doivent chercher de la place dans les cavernes souterraines, peut très-bien s'élever à plus d'une $\frac{7}{100}$ partie de toute la masse de la terre.

Ainsi, l'argument par lequel les Neptunistes voudroient rattacher la création des poissons avec l'origine secondaire, tombe entièrement. Il est réellement extraordinaire que M. Kirwan ait supposé que les coquilles

(*) Mém. philosophiques de Dom Ulloa. Discours 16, vol. 1, pag. 364.

tous recouverts par l'Océan, ils sont aujourd'hui élevés au-dessus de sa surface d'environ quinze mille pieds. Il reste à considérer si ce grand changement de places relatives doit être attribué à l'abaissement de la mer, ou à l'élévation des strata eux-mêmes.

De ces deux suppositions, la première paroît d'abord, sans le moindre doute, la plus probable, et nous aimons mieux supposer qu'un fluide aussi mobile que l'Océan a opéré cette grande révolution, que de croire que les fondemens solides de la terre aient pu se déplacer d'un seul pied. Ceci, cependant, est une pure illusion. L'abaissement du niveau de la mer, tel que nous le supposons ici, n'a pas

---

en question aient pu être détachées de la roche, et aient continué d'exister dans cet état depuis le déluge, sur un terrain aussi élevé, où les torrens coupent et creusent les montagnes avec une violence sans exemple, et où ils ont formé dans le *quebradas* des précipices plus profonds et plus escarpés que dans aucune autre montagne. Je pense qu'il n'a pas vu le passage que j'ai cité de Ulloa; mais les circonstances ne prouvent pas que les coquilles en question puissent être regardées comme des fossiles étrangers et portés là par hasard. Un géologue auroit dû être assez instruit pour ne pas supposer cela possible. Lorsque nous voyons Voltaire attribuer à des causes accidentelles le transport de ces coquilles, qu'on lui a dit avoir été souvent trouvées dans les Alpes, nous pouvons, dans un poëte et un homme d'esprit, excuser l'ignorance des faits en minéralogie, ce qui pallie l'extrême absurdité de son assertion; mais, lorsqu'un chimiste, ou un minéralogiste parle, et raisonne de la même manière, nous ne pouvons pas user envers lui de la même indulgence.

pu arriver sans un changement proportionnel dans la partie solide du globe ; et cet abaissement, même admis comme vrai, est très-insuffisant pour expliquer la situation actuelle des strata.

37. En supposant que les apparences qui indiquent clairement la submersion, ne montassent pas plus haut que 10,000 pieds au dessus du niveau actuel de la mer, et que sa surface ait été autrefois plus élevée qu'à présent de toute cette quantité, il suit nécessairement qu'il a disparu un volume d'eau égal à plus de la 700e partie de toute la grosseur du globe. L'existence des cavernes vuides, d'une étendue suffisante pour contenir cet amas énorme d'eau ; l'existence d'une convulsion capable de laisser ces cavernes ouvertes, et de permettre à la mer de s'y retirer, sont des suppositions qu'un philosophe ne doit admettre que d'après la promesse d'une explication très-complette des apparences. Mais cette admission ne peut avoir lieu ici, car l'abaissement de l'Océan à un niveau plus bas, ne donne des phénomènes géologiques qu'une explication partielle et imparfaite. Elle ne rendra jamais raison de ces restes innombrables des anciens continens, renfermés dans le nôtre, comme nous l'avons vu, à moins qu'on ne suppose que, quoique l'ancien Océan se soit élevé à une grande hauteur, il avoit néanmoins ses rivages, et étoit la limite d'une terre encore plus élevée que lui. Pour ce qui est de l'objet immédiat de nos recherches

actuelles, la position des strata, quoique l'hypothèse précédente pourroit en quelque sorte rendre compte du changement de places, relativement au niveau de la mer; cependant, s'il est prouvé que les strata ont changé leur place relativement les uns aux autres, et relativement au plan de l'horizon, de manière à montrer en eux-mêmes des indices d'un mouvement angulaire, il est évident, d'après ces faits, que la retraite de la mer ne donne pas même l'ombre d'une théorie.

38. Maintenant, il est certain que beaucoup de strata ont été déplacés angulairement, parce que leur position originelle a dû être presque horizontale. Des matières libres, et détachées comme le sable et le gravier, posées au fond de la mer, et ayant leurs interstices remplis d'eau, sont douées d'une espèce de fluidité : elles sont disposées à se rendre au coté opposé à celui où la pression est plus grande, et sont par conséquent soumises, en quelque sorte, aux lois de l'hydrostatique. D'après cela, elles doivent s'arranger elles-mêmes en couches horizontales ; et les vibrations du fluide environnant par un léger mouvement d'allée et de venue sur les substances des couches, doivent prodigieusement concourir à l'exactitude de leur nivelement.

Ce n'est pas, cependant, qu'on veuille nier que la forme du fond de la mer puisse influencer, jusqu'à un certain degré, la stratification des matières qui y sont déposées. La figure des lits les plus bas, déposés sur une surface

inégale, sera modifiée nécessairement par deux causes; l'inclinaison de cette surface, et la tendance à l'horizontalité. Mais, comme l'effet de la première cause doit diminuer en proportion de son éloignement du fond, la dernière cause prévaudra finalement, au point que les lits supérieurs approcheront de l'horizontalité, et que les plus bas ne seront ni exactement parallèles à eux-mêmes, ni aux autres. Toutes les fois, pourtant, que nous trouvons des roches disposées en couches parfaitement parallèles l'une à l'autre, nous pouvons être certains que les inégalités du fond n'ont eu aucun effet, qu'aucune cause n'a arrêté la tendance statique expliquée plus haut.

Les roches, dont les couches sont exactement parallèles, sont très-communes, et prouvent que leur horizontalité primitive a été plus précise qu'il ne nous est permis de le conclure par la seule analogie. Dans les lits de pierre de sable, par exemple, rien n'est plus fréquent que de voir des couches minces de sable séparées l'une de l'autre par des couches encore plus minces de matières charbonneuses ou micacées, qui sont très-exactement parallèles, et qui se prolongent très-loin sans une déviation sensible. Ces plans peuvent avoir acquis leur parallélisme seulement en conséquence de la propriété de l'eau que nous venons d'établir; c'est elle qui rend les surfaces des couches qu'elle contient, parallèles à sa propre surface, et par

par conséquent toutes parallèles les unes aux autres. Quoique de pareils strata ne soient pas maintenant horizontaux, ils ont dû l'être d'abord ; autrement il est impossible de découvrir aucune cause, ni aucune loi, qui ait pu produire leur parallélisme.

39. Cet argument en faveur de l'horizontalité originelle des strata est applicable à tous ceux qui sont maintenant les plus éloignés de cette position. Dans ce nombre, par exemple, il y en a qui sont extrêmement élevés, ou même totalement verticaux ; et parmi ceux qui sont penchés et courbés de la manière la plus bizarre, comme il arrive plus particulièrement aux schistes primaires, nous observons, dans leurs sinuosités et dans leurs inflexions, une égalité d'épaisseur et de distance entre les lames qui les composent. Cette égalité ne peut être que l'effet d'une extension originelle sur une surface plate et unie : cependant ces lames doivent avoir été soulevées de cette situation par l'action de quelque cause puissante, qui a produit sur elles ce désordre pendant qu'elles avoient encore un certain degré de flexibilité et de ductilité. Quoique la première direction de la force qui a ainsi élevé ces couches, ait dû agir du bas en haut, cependant elle a été combinée avec la gravité et la résistance de la masse sur laquelle elle agissoit, de manière à donner un choc latéral et oblique, et à produire toutes les contorsions, qui, sur une grande échelle, se comptent parmi les

phénomènes les plus curieux et les plus instructifs de la géologie.

40. Cet argument est singulièrement renforcé, dans beaucoup de circonstances, par la nature des matières qui composent les roches stratifiées. Les lits de brèches et de pierres de pouding, par exemple, sont souvent en plans presque verticaux, et contiennent en même temps des pierres de gravier et d'autres fragmens de roches d'une telle dimension et d'un tel poids, qu'ils ne pourroient pas rester un instant dans leur position présente, si le ciment qui les unit venoit à s'amollir ; ils n'ont donc pas la même position que dans le temps que le ciment étoit liquide. Cette remarque a été faite par des minéralogistes qui n'y ont été conduits par aucun système. L'observateur judicieux et infatigable des Alpes, décrivant la pierre de pouding de Valorsine, près les sources de l'Arve, nous dit qu'il a été étonné de la trouver en lits presque verticaux, situation dans laquelle il est impossible qu'elle ait été formée. « Que des particules, ajoute-t-il, d'une ténuité extrême, » suspendues dans un fluide, puissent se coller » et former des lits verticaux, c'est ce qu'il » est facile de concevoir ; mais que des blocs » de pierre de la pesanteur de plusieurs livres » soient restés sur le côté d'un mur perpendiculaire, jusqu'à ce qu'ils aient été enveloppés par un ciment pierreux, et qu'ils se soient » réunis en une seule masse, c'est une supposition impossible et absurde. » Il fau-

droit donc considérer, comme une chose démontrée, que la pierre de pouding a été formée dans une position horizontale, et que ses lits se sont relevés après leur consolidation. « Nous ne connoissons pas, continue-» t-il, la force qui a opéré cette élévation; » c'est un grand pas de fait, dans le nom-» bre prodigieux de lits verticaux qu'on ren-» contre dans les Alpes, d'en avoir trouvé » quelques-uns, qui très-certainement ont » été formés dans une situation horizon-» tale (*). »

41. Rien de mieux fondé que ce raisonnement; et, si son ingénieux auteur l'avoit poursuivi plus systématiquement, il l'auroit conduit à une théorie des montagnes très-peu différente de celle que nous cherchons maintenant à expliquer. S'il est prouvé que quelques lits verticaux ont été formés horizontalement, il n'y a point de raison pour ne pas adopter la même conclusion pour tous, même quand nous serions privés du secours de l'argument tiré du parallélisme des couches, qui a déjà été établi.

42. La position très-inclinée, et les inflexions des strata (xie note) dans tous les

(xie note) *Fracture et dislocation des strata.* 41. La plus grande partie des faits relatifs à la fracture et à la dislocation des strata appartient à l'histoire des veines. Les exemples de fentes, où il n'existe point de nou-

(*) Voyages aux Alpes, tom. II, § 690.

sens, ne sont pas les seules preuves des convulsions qu'ils ont éprouvées, et de la vio-

---

velle substance minérale entre la séparation des roches, se trouvent ici à leur véritable place. Leur nombre et leur étendue sont immenses, et sont bien connus partout où les mines ont été travaillées. Dans quelques cas, il n'y a point d'ouvertures, mais les lits fendus restent contigus; dans d'autres, il s'y est introduit une terre légère, souvent de la glaise, qu'on peut supposer être venue d'en haut, et avoir été apportée par les eaux. Cependant, dans quelques occasions, les apparences indiquent que la matière a été poussée dans la fente par en bas; et nous y trouvons alors des substances qui ne pourroient jamais être venues de la surface (*).

42. Il s'est rencontré depuis peu, dans le Yorkshire, un fait remarquable de cette espèce, en creusant le canal de Huddersfield, et un ingénieur qui dirigeoit les travaux en a rendu un compte très-exact consigné dans les Transactions philosophiques. En faisant une ouverture, ou entonnoir, dans le centre d'une colline, les mineurs arrivèrent à ce qu'il appelle dans la description un vice (*fault, throw, or break*), ou ce que nous avons nommé ici (*shift*) ou crevasse, remplie tantôt d'une terre très-meuble, tantôt de petites masses de charbon. Le *fault*, ou l'espace rempli de ces matières, étoit à peu près large de quatre verges (*a*), et presque dans la direction de l'ouverture, de manière à pouvoir en examiner une grande partie. Outre la terre légère, on voyoit un *lit* de pierre de chaux, de l'épaisseur d'environ quatre pieds, qui suivoit parallèlement les côtés du *fault*, et à environ quatre pieds de son extrémité méridionale. De

(*) Une terre, sans consistance, renfermée entre les côtés d'une roche qui a éclaté, se trouve souvent dans le Cornwall, et s'appelle *Fleukan*.

(*a*) La verge anglaise est de 3 pieds. (*Note du Traducteur.*)

lence qui les a déplacés de leur première situation. Le défaut de continuité que l'on

---

chaque côté de ce lit, se trouvoient des globes de pierre calcaire, jetés çà et là, de formes différentes, et pesant depuis une once jusqu'à cent livres. Les masses globulaires rompues contenoient sur leurs bords quelques pyrites. Elles n'étoient point parfaitement rondes, mais aplaties d'un côté, et semblables les unes aux autres (*). Dans le temps que cette description a été donnée, on a découvert à peu près 70 verges de ce lit.

43. Il est certain que ni cette ligne de pierre calcaire, ni ces globes qu'elle contenoit, n'ont pu venir d'en haut, puisqu'il ne se trouve point de pierre calcaire dans une espace de 20 milles. Il faut donc qu'ils soient venus d'en bas, et qu'ils appartiennent à quelques strata de même nature qui existent là à une grande profondeur, sous la surface. L'étendue de ce fragment de roche, que, d'après la description, on peut supposer avoir été entier, donne une idée claire ou de l'intensité ou de la régularité de la force qui a poussé ces substances dans leur position actuelle. Dans les veines, il n'est pas extraordinaire de trouver des pierres qui paroissent être venues d'une grande profondeur. Mais le fait en question est probablement l'exemple le plus remarquable de ce phénomène, visible dans une simple fente; et aucun autre, je pense, ne peut parler un langage plus facile à comprendre.

44. Je citerai ici une autre preuve de fracture violente, qui a été observée dans des roches de brèches ou *puddingstone*, qui, quoique d'une espèce différente de la précédente, et d'une nature toute particulière, doit être placée ici plutôt qu'ailleurs. Dans ces roches, il arrive souvent que des parties considérables sont séparées des autres, comme si un plan mathématique eût traversé et coupé tous les cailloux de

(*) Trans. phil. 1796, pag. 350.

observe à leur surface et par-dessous, augmente l'évidence du même fait. Il est certain,

---

quartz. Aucun des cailloux n'est hors de son alvéole, c'est-à-dire, du ciment qui l'entoure ; mais il est partagé en deux par une fracture nette et égale. Les cailloux que j'ai vus étoient de quartz, ou d'autres roches primaires et très-dures.

Lord Webb Seymour et moi avons observé, il y a trois ans, à Oban, dans l'Argyleshire, des roches de *puddingstone*, avec des marques de cette espèce de fracture. Le phénomène étoit entièrement nouveau pour nous, mais depuis j'ai retrouvé un fait de la même espèce, dans les ouvrages de Saussure. Comme la description en est curieuse, je la transcrirai tout entière. Le lieu est sur le rivage de la mer, près de la petite ville d'Alassio, entre Nice et Gênes.

« En passant entre ces blocs de brèche, j'admirai quelques-uns d'entre eux, d'une grandeur considérable, et taillés en cubes, avec la plus parfaite régularité. Il y avoit ceci de remarquable, c'est que l'action de la pesanteur, qui avoit taillé ces cubes, en rompant leurs couches, avoit coupé tous les cailloux à fleur de la surface de la pierre, aussi nettement que si ç'eût été une masse molle qu'on eût tranchée verticalement avec un rasoir. Cependant, parmi ces cailloux, la plupart calcaires, il s'en trouvoit de très-durs, de pétrosilex, par exemple, même de jade, qui étoient tranchés aussi nettement que les autres (*). »

45. Cette description est sans doute exacte, quoiqu'elle renferme quelque chose de théorique, telle que la fracture effectuée par la pesanteur de la pierre. En effet, cela peut être vrai; l'opération appartient probablement tout entière à la surface, et n'a rien de commun avec les forces qui agissent dans les régions minérales. Quelle que soit cependant la supposition, le phé-

(*) Voyages aux Alpes, tom. III, § 1371.

que, si on les voyoit maintenant avec la position qu'ils ont eue dans leur première origine, ils ne nous paroîtroient pas brisés subitement. Aucun stratum ne se termineroit d'une manière brusque; et, quoique sa nature et ses propriétés aient pû changer, il devroit cependant toujours former une roche entière et continue, au moins par-tout où les effets du bouleversement et du *détritus* n'ont pas occasionné de séparation. La condition actuelle des corps stratifiés est bien loin d'offrir ces apparences (*a*). Les lits qui sont très-inclinés, et qui font des angles considérables

---

nomène me paroit très-difficile à expliquer. Dans l'échantillon que j'ai rapporté d'Oban, les plus petites pièces comme les plus grandes sont coupées en deux. La consolidation et la dureté de la masse sont très-grandes, et la réunion des différens fragmens si parfaite, qu'il n'est pas étonnant que le tout se soit brisé comme une pierre. Mais encore, la fracture parfaitement plane et sans éclat reste toujours une énigme; si réellement c'est une fracture, elle doit être l'effet d'une commotion immense et très-subite.

(*a*) A peu de distance d'Edimbourg, en Ecosse, j'ai toujours vu avec une sorte de surprise et d'embarras le lit de la rivière de Leith, *Leith-Water*. La pente de la montagne vers la mer est rapide, le cours de l'eau n'est point réglé, et dépend des variations du temps. La roche est à nu, et à mesure qu'elle gagne le lit de la rivière, le plan du stratum s'incline profondément dans le sens contraire du cours de l'eau; de sorte que, lorsqu'elle coule peu ou ne coule point, il en reste toujours assez pour nourrir les poissons, dans le sommet des angles formés par le brisement feuilleté des couches. J'ai fait un dessein colorié de ce jeu de la nature.

(*Note du Traducteur.*)

avec le plan de l'horizon, doivent se ter
ner brusquement lorsqu'ils arrivent à la s
face. Ceci est une conséquence nécessair
leur position; et l'argument, on peut le di
qui fait preuve de leur convulsion, n'est
différent de celui qu'on déduit de leur in
naison. Il y a cependant des exemples de
fauts de continuité dans les strata, au-dess
de la surface, qui donnent, de la viole
de leur déplacement, des preuves toutes
férentes de celles dont nous avons parlé
qu'ici. Je citerai les *slips* ou *shifts* (*a*), fe
pleines ou vides, les séparations, ou in
ruptions qui embarrassent si souvent le
neur dans ses travaux souterrains, et
changent dans un instant toutes les ligne
les gisemens qui jusqu'ici avoient dirigé
excursions. Lorsque sa mine affecte un
tain plan, qui est tantôt perpendicula
tantôt oblique à l'horizon, il trouve les
de roches brisés; ceux-là sont sur un côt
plan, après avoir changé de place, et gl

(*a*) Ces deux mots anglais sont des termes technique
appartiennent à l'art du mineur; pour les traduire, je ne t
pas d'équivalens dans la langue française, et je suis obligé
me faire entendre, d'employer des expressions qui indiq
d'une manière quelconque, un défaut de continuité, par
ou veines, quelle qu'en soit l'inclinaison. J. Mawe, dans s
néralogie du Derbyshire, Londres 1802, donne à la fin un
tionnaire des termes du mineur, et il explique le mot *schi*
temps où le mineur travaille. Kirwan, dans ses élémens de
ralogie, au § des mines métalliques, dit: « Les mines peu c
» dérables qui divergent de la principale, portent le no
» *Rameaux* (*Slips*). »

(*Note du Traducteur.*)

dans une direction particulière le long de la surface des autres. Dans ce mouvement, ils ont quelquefois conservé leur parallélisme, c'est-à-dire, que les strata, d'un côté du *slip*, continuent d'être parallèles avec les strata de l'autre côté ; dans d'autres cas, de chaque côté du *slip*, les lits s'inclinent l'un vers l'autre, quoique leur identité soit reconnoissable par la même épaisseur et par les mêmes caractères intrinsèques. Ces *shifts* sont souvent d'une grande étendue, et elle doit être mesurée par la distance de deux points qui ont été en conjonction. Quelquefois une veine est formée sur le plan du *shift* ou *slip*, et remplie de matières dont nous parlerons par la suite ; dans d'autres cas, les côtés opposés de la roche restent contigus, ou leurs intervalles sont remplis d'une terre molle et friable. Tout cela présente des effets incontestables d'une grande convulsion, qui a ébranlé jusqu'aux fondemens de la terre ; mais qui, loin d'être un désordre dans la nature, fait partie d'un système régulier essentiel à la constitution et à l'économie du globe.

La cause des apparences que nous venons de décrire appartient, sans doute, à des périodes de temps différentes ; et, lorsque les *slips* s'entrecoupent mutuellement, on peut souvent distinguer quel est le moins ou le plus ancien. Ils sont tous pourtant d'une date postérieure à l'époque où les strata ont affecté des formes onduleuses, puisque ces *slips* ne renferment aucunes marques de la mollesse

de la roche, mais beaucoup au contraire de sa complète consolidation.

Le même phénomène dont nous venons de tirer des exemples en grand, dans les entrailles de la terre, est souvent, et d'une manière admirable, représenté dans de simples échantillons de pierre, et offre cette circonstance remarquable, que l'*intégrité* de la pierre n'est pas détruite par les *shifts*, puisque toutes les blessures qu'elle a reçues sont guéries, et que toutes les parties sont solidement réunies (*a*).

43. Quoique des marques (XIIe note), de violence telles que nous venons de les ex-

---

(XIIe note) *Elévation et inflexion des strata.* 46. L'évidence de la formation différente des strata primaires et secondaires, et des changemens que les premiers ont subis, se remarque principalement aux points où ces

(*a*) J'ai dans ma collection une agate blanche, très-transparente, et arrondie par l'art. Elle présente une fracture droite et mince, remplie de la même matière que l'agate, qui réunit les deux morceaux, sans briser le parallélisme des couches nuancées.

Dans mon voyage aux îles Hébrides, en juillet 1802, avant de passer dans l'île Mull, je suis resté un jour à Oban, pour en voir les environs sauvages et pittoresques, et pour visiter quelques monumens anciens des Druides. La nature offre par-tout, dans cet endroit, des fragmens énormes de matières calcaires, de schiste argileux, de porphyre, de laves et autres productions qui m'ont paru volcaniques; mais ce qui m'a le plus étonné, ainsi que l'auteur, c'est l'aspect du stratum de pouding, qui longe la mer, du côté droit du port, pendant à peu près l'espace de trois milles. La fracture de cette roche offre des moitiés de cailloux enchâssés, de toutes les dimensions, et depuis la grosseur de la plus forte citrouille, jusqu'à celle du pois.

(*Note du Traducteur.*)

poser, soient communes, en quelque sorte, à tous les strata, elles sont plus abondantes

---

strata viennent en contact l'un avec l'autre. Le docteur Hutton n'a pas été le premier observateur de ces jonctions; mais il a été le premier et le meilleur interprète des apparences qu'elles offrent. Il a fait mention d'observations semblables faites par Deluc, sur les limites du Hartz; par l'auteur du Tableau de la Suisse, au passage du Yetz; par Voight, dans la Thuringe; et par Schreiber, à la montagne de Gardette (*).

Les faits principaux à remarquer, sont,

1°. La position verticale et très-élevée des strata primaires, ou des plus bas;

2°. La superstratification des secondaires dans une position presque horizontale, et à angles droits, avec les lits qui leur servent de base;

3°. L'interposition de la brèche entre eux, ou, comme il arrive souvent, la métamorphose en brèche des lits secondaires les plus bas, contenant des fragmens de roches primaires, quelquefois usés, quelquefois angulaires.

Cette dernière circonstance est absolument générale; et tout ce que nous dirons dans la suite sur cet objet servira de preuves à ce que le docteur Hutton a avancé. Ce seroit un fait curieux à remarquer, dit-il, si des apparences semblables, telles que la brèche décrite par Voight, se trouvoient toujours à la jonction des Alpes avec le niveau du pays (**). »

Saussure, dans une partie de son Ouvrage, qui n'étoit point encore publié lorsque le docteur Hutton a écrit ce passage, atteste la généralité du fait pour toutes les Alpes, depuis le Tyrol jusqu'à la Méditerranée. « Un fait que l'on observe sans aucune exception, ce sont les amas de débris, sous la forme de blocs, de brèches,

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, depuis la page 410, jusqu'à 453.

(**) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 448.

dans les primaires, et elles nous les indiquent comme la partie de notre globe qui a

---

de pouding, de grès, de sable, ou amoncelés, et formant des montagnes, ou des collines, dispersés sur le bord extérieur, ou même dans les plaines qui bordent la chaine des Alpes (*). »

Ce passage est concluant en faveur de la généralité du fait, puisqu'il annonce que les Alpes, depuis le Tyrol jusqu'à la Méditerranée, sont entourées de *puddingstones* ou de brèches. En même temps, il faut remarquer que M. de Saussure, en notant les blocs détachés et le sable, les *puddingstones*, les brèches, et la poussière, confond ensemble des choses très-différentes, et qui ont eu leur origine particulière à des périodes de temps très-éloignées les unes des autres. Les roches consolidées, ou brèches, le *puddingstone* et la poussière, quoique formant des preuves de ruine, ont reçu leur caractère actuel au fond de la mer : tandis que les blocs détachés, le sable et le gravier, sont des effets de la ruine présente, qui a lieu journellement à la surface de la terre, et sont la substance qui doit composer les roches dont nous venons de citer les trois espèces. Si un minéralogiste, tel que Saussure, a commis une pareille erreur, c'est plutôt la faute du système qu'il suivoit, que celle de son propre jugement.

47. Le même phénomène de brèches, environnant les montagnes primaires, se retrouve en Ecosse, et dans les Grampians, où elles sont terminées par les strata secondaires, soit au N., soit au S. La brèche en général est formée de fragmens des roches primaires, presque toujours arrondis, mais quelquefois angulaires, unis par un ciment de formation secondaire, et le tout disposé en lits horizontaux. C'est sur cette constante disposition des strata primaires, et sur la grande quantité de gravier très-poli, renfermée souvent dans des brèches

(*) Voyages aux Alpes, tom. IV, § 2330.

été exposée aux plus grandes vicissitudes. A leur jonction avec les strata secondaires,

---

que le docteur Hutton a fondé l'hypothèse de l'élévation et de l'affaissement des anciens strata. Voy. le § 43.

Comme les points de contact des roches primaires et secondaires sont de la plus grande importance en géologie, et présentent aux sens des monumens frappans de la plus haute antiquité, et des grandes révolutions du globe, il ne sera pas inutile de faire remarquer quelques-uns de ces points observés dans cette île. Le peu que j'ai à ajouter à ce que le docteur Hutton a décrit, est le résultat de quelques excursions géologiques faites en société avec l'honorable lord Webb Seymour, qui m'a été d'un grand secours dans ces recherches.

48. La jonction la plus méridionale que nous ayons observée, est à Torbey, où l'ancien schiste, qui domine le long de la côte, depuis Land'send jusqu'à ce point, est recouvert horizontalement par une pierre de sable rouge, la même qui compose la plus grande partie du Devonshire. La place où le contact immédiat est visible est sur le rivage, un peu au sud de Paynton; et une circonstance, qui, parmi les autres, sert à distinguer la formation différente de ces deux espèces de roches, est, que le schiste, élevé là par un angle d'à peu près 45°, est rempli de veines de quartz qui y sont parfaitement closes, et qui, autant que nous avons pu l'observer, ne pénètrent jamais la pierre de sable. Il est probable que, sur le rivage nord de la baie, la même ligne de jonction soit visible : nous l'avons remarquée encore plus au nord dans la baie de Babicomb.

49. Depuis cet endroit, les strata secondaires de toute espèce règnent sans interruption le long de la côte du canal de Bretagne et de l'océan Germanique, jusqu'à Berwick sur la Tweed, et quelques milles plus loin. Alors la côte coupe une chaîne primaire; les collines de Lammermuir, qui traversent l'Ecosse de l'E. à l'O.,

ou lorsqu'ils sortent tout-à-fait, com
on dit, de dessous, il arrive un phénom

---

se réunissant ensuite, vers le centre du pays, aux m
de Leadhills, et aux montagnes de Galloway. L'ir
section, que le rivage fait à l'extrémité oriental
cette chaîne, est très-instructive, par le bouleve
ment étonnant des strata primaires, et par la variét
leurs inflexions. La jonction de ces strata avec les
condaires, vers le sud, est prise du petit port de
mouth; mais le contact immédiat est invisible.

Au nord de cette chaîne, la jonction se fait à un
droit appelé le *Siccar*, près de Dunglass, campagn
baronet sir James Hall.

Par son ouverture très-étendue, et par le travai
flots de la mer, la roche expose dans cet endroit,
beaucoup d'évidence, la relation qui existe entr
deux ordres de strata. Le docteur Hutton a décrit
même cette jonction; *Théorie de la Terre*, vol
p. 464.

Du point dont nous venons de parler, les strat
condaires continuent jusqu'à Stonhaven, où la cl
méridionale des Grampians est coupée par la côte
mer. Là, une masse énorme de *puddingstone* paroît
chée sur les strata primaires; mais on ne peut aperc
leur contact immédiat.

50. En longeant la côte vers le nord, les jonc
les plus voisines que nous ayons vues sur le rivage,
l'une près de Gasdenston, et l'autre près de Cu
dans le Banfshire. La dernière est très-distincte; el
à un mille environ vers l'ouest des rochers appel
Trois Rois, où une pierre de sable rouge, renfern
dans les lits les plus bas, beaucoup de gravier de qu
repose horizontalement sur des strata réguliers,
élevés et droits. Quelques-uns de ces strata sor
mica, et d'autres de grains de quartz, comme il e
dans le § 152.

51. Cette dernière jonction est, je crois, la plus

qui désigne quelques-unes de ces vicissitudes avec une étonnante précision, phé-

---

tentrionale que nous ayons observée dans notre île. La côte orientale fournit plusieurs exemples, qui cependant ne sont pas tous visibles. La ligne de séparation entre le schiste primaire des Grampians et la pierre de sable qui le recouvre, est coupée à son extrémité occidentale par le détroit de la Clyde, près d'Ardencaple, dans le Dunbartonshire. Les deux espèces de pierres peuvent se distinguer à quelques verges l'une de l'autre, mais ne sont point en contact immédiat. Les lits de pierre de sable le plus près du schiste forment, comme à l'ordinaire, une brèche, chargée de fragmens de roches primaires. La roche secondaire, qui commence là, se prolonge environ 50 milles vers le sud, jusqu'à Girvan dans l'Ayrshire, où le schiste primaire s'élève encore, mais ne laisse point voir de contact avec la roche secondaire. Elle s'étend jusqu'au *Mull* de Galloway, et aux rivages du détroit de Solway.

L'île d'Aran, néanmoins, qui n'est pas éloignée de cette partie de la côte, offre une jonction dans son extrémité septentrionale, où les strata secondaires de pierre calcaire reposent immédiatemant sur un schiste primaire micacé. Elle a été décrite par le docteur Hutton, et c'est le premier phénomène de cette espèce qu'il a eu l'occasion d'examiner (*). La jonction n'est visible qu'à une seule place, et pas aussi clairement que dans les exemples que nous venons de citer; mais la grande quantité de *puddingstone* qui l'avoisine rend cette jonction plus intéressante que les autres. Comme la majeure partie de cette petite île est entourée de strata secondaires, on peut espérer qu'on y découvrira d'autres jonctions.

52. Sur la côte d'Angleterre et du pays de Galles, depuis le golfe de Solway jusqu'à Land'send, quoiqu'il

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 429.

nomène dont la nature a été d'abord très-attentivement observée, et dont les conséquences

y ait des rapprochemens entre les strata secondaires et primaires, je ne crois pas qu'il y en ait eu un seul observé. A la baie de Saint-Bride, dans le Pembrokeshire, on reconnoît, près de leur jonction, les strata primaires et secondaires ; mais la ligne précise n'est point visible. Les mines de charbon dans les strata secondaires se rapprochent ici des primaires de quelques centaines de verges. Les secondaires, qui commencent dans cet endroit, occupent les deux côtés du canal de Bristol, et se réunissent à la ligne de schiste qui s'étend vers le nord du Devonshire jusqu'aux collines de Quantock, dans une direction qu'on peut regarder comme le rivage de la mer, entre Watchett et Minehead.

53. Outre les côtes de la mer, les lits des rivières nous présentent sur ce sujet la même instruction. Aux exemples que j'ai cités j'en ajouterai deux pris dans l'intérieur du pays. L'un est dans la rivière de Jed, un peu au dessus de Jedburg, où les strata secondaires sont couchés horizontalement sur les primaires, et les uns et les autres coupés par la rivière. Ici les phénomènes sont très-distincts, et bien marqués : le docteur Hutton en a donné le dessin dans une gravure (*). Non loin de là il a remarqué, dans le Tiviot, une autre jonction dont il fait mention. L'un et l'autre faits appartiennent aux strata primaires, ainsi que le *siccar point*.

54. Je ne citerai plus qu'un fait découvert par lord Seymour et moi, au pied de la haute montagne d'Ingleborough, dans le Yorkshire. Comme nous suivions la route d'Askrig, depuis Ingleton, à un mille de cette dernière ville, sur le côté de la colline, à droite, à 100 verges de la route, nous découvrîmes une ouverture formée par une large pierre, qui, couchée horizontalement sur deux autres, s'élevoit en l'air. En

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 430, planche 3.

quences ont été pleinement déduites par le géologiste dont nous tâchons d'expliquer le

---

gagnant le sommet, nous vîmes que c'étoit l'entrée d'une petite caverne. La pierre, couchée horizontalement, étoit un fragment de pierre calcaire; et les deux autres, qui lui servoient de base, étoient deux couches verticales de schiste argileux primaire. La pierre calcaire qui formoit la voûte de la caverne étoit presque horizontale, inclinée vers le S. E.; le schiste, presque vertical, s'étendoit du N. O. par l'O., au S. E. par l'E. Le schiste, quoiqu'en contact parfait avec la pierre de chaux, ne contenoit rien de calcaire, et ne donnoit pas la plus petite effervescence dans les acides.

Comme cette caverne est au pied de l'Ingleborough, un vent froid, de 24° au dessous de la température extérieure, qui en sortoit, pouvoit faire supposer qu'il venoit des profondeurs de cette montagne. L'Ingleborough, composé entièrement de couches de pierre calcaire et de sable fin, presque horizontales et alternant l'une avec l'autre, s'élève à la hauteur de 1,800 ou 2,000 pieds au dessus de l'endroit où nous étions. C'est là, je pense, la plus grande épaisseur de strata secondaires posée sur un stratum primaire, qui ait jamais été observée; ce qui fournit un fait géologique digne de la plus grande attention. Tout le pays environnant, à une grande étendue, est composé de pierre calcaire, alternant avec des lits de sable, et formant, outre l'Ingleborough, quelques hautes montagnes, telles que Wharnside et Penningant, toutes posées probablement sur le même fondement.

A l'endroit que nous venons de décrire, nous n'avons trouvé entre les roches primitives et secondaires aucune apparence de brèches; mais, non loin de là, nous en avons trouvé à un autre point de la même jonction. Ce fut à une cascade dans la rivière Greata, appelée *Thornton-Force*, à 2 milles ½ à peu près de la place que nous avions quittée. La Greata se précipite là d'une roche

système. Il a remarqué, dans plusieurs c
constances, que, lorsque le schiste primair

calcaire horizontale; et, après une chute d'environ
à 20 pieds, elle est reçue dans un bassin formé da
schiste primaire. Ce schiste est en lits presque per
diculaires; il ressemble exactement à celui que
avons décrit, et s'étend presque dans la même di
tion. Sur le côté méridional de la rivière, nous a
vu une brèche, posée sur le schiste, où plutôt on
dire que les lits inférieurs de la pierre calcaire
tiennent des nodules de pierre, qui, par comparai
ressemblent exactement au schiste de dessous. La r
primaire elle-même est élevée ici de 7 ou 800 p
au dessus du niveau de la mer.

Le même schiste, un peu plus bas dans la vallée
plus près d'Ingleton, paroît en grande quantité, e
taille pour l'ardoise. Ici, cependant, la jonction im
diate de la pierre calcaire et du schiste ne paroît p

Je me suis appesanti sur la description de ces ap
rences plus long-temps que de coutume, parce que
grandes masses de strata secondaires, qui recouvren
les primaires, offrent des circonstances que nous
pouvons espérer de rencontrer très-souvent.

55. Les voyageurs parcourent beaucoup les lacs
Cumberland; et on peut remarquer, à ce sujet, q
comme la situation de ces lacs présente un compos
contrées primaires, entourées de tous côtés par
secondaires, il est possible de rencontrer, dans
rivières qui en sortent, des jonctions semblabl
celles dont nous nous occupons maintenant. Au
sous de Dun-Mallet, du côté de Ulles-Water (*a*),

(*a*) Ce lac a 9 milles de long sur 1 de large. Il est si bea
pittoresque par lui-même et par tout ce qui l'environne, qu'o
peut s'empêcher de le parcourir en barque dans toute sa
gueur. Ses bords, par-tout habités et cultivés, offrent, à
enchanté, des sites toujours agréables et toujours nouveau
l'extrémité se trouve une petite auberge : près d'elle est

lève en lits presque verticaux, ils est recouvert par des couches horizontales de pierres

---

avons observé une brèche, dont les couches horizontales sembloient tellement posées sur le schiste primaire, que toute la colline n'est peut-être qu'un bloc de brèche la plus dure, ou une roche secondaire qui a mieux résisté que les autres au lavage et à la dégradation des rivières.

56. Après avoir prouvé le fait du dérangement des strata, et du déplacement de leur position originale, il est naturel de chercher la direction de la force qui a produit ces changemens. Si les strata bouleversés ou élevés offroient par-tout une surface plane, sans sinuosité, ou sans courbure, il seroit peut-être difficile de déterminer si cette force a agi d'après les lois de la pesanteur ou non. L'une et l'autre suppositions pourroient expliquer les apparences; et, comme la pesanteur est une force connue, pourvu que nous puissions assigner un lieu capable de contenir la matière abaissée par elle, son action nous donnera la solution la plus probable de la difficulté.

C'est sur ce principe qu'est fondé le système Neptu-

prairie embellie par une multitude de roches élevées, perpendiculaires et isolées. Un seul coup de fusil, tiré contre une de ces roches, produit le même bruit que la plus forte décharge de mousqueterie, effet d'un écho très-curieux. Deux ou trois jolies campagnes, et les ruines d'un château gothique qui se perd dans la verdure des forêts, enrichissent encore ce tableau. La petite ville de Penrith n'est pas éloignée, et offre quelques curiosités aux voyageurs. Dans son cimetière, on remarque avec étonnement les restes d'un monument des Druides, de forme circulaire, en pierres brutes et détachées (j'en ai rapporté un échantillon). Au sommet de Dun-Mallet est un camp Romain; et dans le jardin d'un paysan, près de la ville, sont les restes d'un théâtre. Au milieu d'une élévation circulaire, formée en cailloux secs et libres, est le fragment d'une énorme colonne. Un beau frêne a pris racine à son pied, et sert à la colonne d'appui et de couronnement.

(*Note du Traducteur.*)

de sable secondaires ; que ces dernières sont pénétrées d'une manière irrégulière par le

---

nien ; il cherche à prouver que dans l'intérieur du globe se sont faites d'immenses cavernes ou vides, que la plus grande partie des eaux qui couvroient sa surface s'y sont retirées, et ont entraîné avec elles une quantité de roches solides. Par ce moyen, une extrémité du stratum s'est trouvée élevée, et l'autre abaissée ; et le tout a été soumis à une inclinaison quelconque vers l'horizon. C'est ainsi qu'une cause explique deux effets; les vides dans l'intérieur de la terre rendent raison en même temps et de l'abaissement de la mer et de l'élévation de la terre. Si les phénomènes étoient tels que nous venons de les peindre, les Neptunistes pourroient se vanter d'une explication fort heureuse qu'ils trouvent rarement en faveur de leur système.

Mais cette apparence de succès s'évanouit, lorsqu'en examinant plus attentivement l'élévation et la confusion des strata, on trouve qu'ils renferment des ondulations, des inflexions, et une grande variété de formes. Il devient évident alors, que les lits de roches, au moment de leur déplacement de la position horizontale, n'avoient pas la dureté qu'ils ont aujourd'hui, mais qu'ils étoient, dans un certain degré au moins, mous et flexibles. Sans ces qualités, ils n'auroient jamais pu recevoir, comme on le voit souvent, la courbure d'un cercle non seulement de plusieurs pieds de diamètre, mais même celle de plusieurs pouces ; leurs superficies n'auroient pu affecter une courbure dans des directions opposées, au point que la même surface offrît une partie convexe et l'autre concave du même côté, dans une ligne d'une courbure contraire. Ces apparences sont inconciliables avec la simple chute et le brisement des roches dures.

57. Les inflexions et les ondulations dont nous parlons se rencontrent souvent dans les strata primaires, quoiqu'elles ne leur soient pas particulières, et sont faciles

schiste, et qu'elles renferment aussi des fragmens de cette roche, tantôt angulaires,

---

à saisir par toute personne qui parcourt les montagnes pour étudier la géologie. Dans le grand nombre d'exemples qu'on pourroit citer comme preuves de ce phénomène, je me contenterai d'en citer quelques-uns.

Saussure, en décrivant la route de Genève à Chamouny, fait mention de quelques exemples de strata courbés, et particulièrement à l'endroit où le petit ruisseau de Nant d'Arpenaz forme une cascade, en se précipitant sur la surface d'une roche calcaire perpendiculaire. Les strata de cette roche sont pliés en lignes circulaires très-régulières, avec leur concavité tournée à gauche. Ce qu'il y a de particulièrement remarquable, c'est que derrière cette cascade est une montagne dont les couches ont fléchi dans une direction opposée, ou avec leur concavité à droite. Il n'y a point de doute que les strata de ces deux roches ne soient les mêmes, de manière qu'une de leurs sections verticales représenteroit une courbe de la figure d'une S (*). Ces circonstances sont citées par Saussure, et nous pouvons en déduire l'autre propriété de ces strata, que leurs sections, par un plan horizontal, devroient donner un système de lignes droites, probablement toutes parallèles les unes aux autres.

Le même minéralogiste donne la description des strata calcaires qui composent la montagne d'Axenberg sur le côté du lac de Lucerne, comme ayant, depuis le sommet jusqu'au pied, la forme de la lettre *S* écrasée, avec leur courbure très-considérable dans quelques endroits. Ces inflexions sont répétées différentes fois, et souvent dans des directions contraires; les couches sont quelquefois brisées, là où leur courbure est la plus grande (**).

Sur le côté du même lac est un autre exemple de

(*) Voyages aux Alpes, vol. 1, § 472; et Théorie de la Terre, vol. 2, p. 30.
(**) Voyages aux Alpes, tom. IV, § 1935.

tantôt ronds et friables, comme s'ils avoient été usés par le frottement. De là, il conclut

---

strata courbés, dans une montagne dont les lits sont horizontaux vers la partie basse, mais courbés en l'air, à une extrémité, avec la forme de la lettre C. La partie horizontale est d'une grande étendue, et la roche est aussi calcaire (*).

La montagne de la Tuile, près de Montmélian, reçoit son nom de la forme des couches courbées comme une tuile (**). Parmi les montagnes secondaires, les mêmes phénomènes s'observent, quoique moins fréquemment et avec moins de variétés dans les inflexions. La chaîne du Jura est secondaire, et les lits qui la composent sont calcaires ou sablonneux. Ils sont tellement courbés, que, dans une section transversale de la montagne, chaque couche auroit la figure d'une parabole (***).

58. Nous voyons, d'après *les Essais sur la minéralogie des Pyrénées*, que ces montagnes fournissent beaucoup de phénomènes de la même espèce. Les strata calcaires de la vallée d'Aspe, représentés dans la planche 5[e] de cet Ouvrage, sont dignes d'une attention toute particulière.

59. Notre île même abonde en exemples de courbures et d'inflexions de strata, sur-tout parmi les primaires, dont quelques-uns ont de la ressemblance avec ceux des Alpes et des Pyrénées. Sur le sommet de la montagne de Ben-Lawers, dans le Perthshire, il y a une roche, dont une section offre un grand nombre de couches minces et parallèles, courbées par devant et par derrière, semblables à celles décrites par Saussure; et cette preuve non équivoque de l'état de la roche, autrefois flexible comme une pâte tenace, devient plus frap-

(*) Voyages aux Alpes, tom. IV, § 1937.
(**) Ibid. vol. 4, § 1189, et planche 1.
(***) Ibid. tom. 1, § 334.

que les strata primaires, après avoir été formés au fond de la mer en plans presque hori-

---

pante par la grande élévation du sommet, par la rudesse et par la dureté de la pierre, et de tout ce qui l'environne. Beaucoup d'autres montagnes de cette chaîne sont d'un schiste plutôt talqueux que micacé, et évidemment susceptible, des sinuosités et des inflexions dont il est question.

Nous avons déjà parlé des apparences des strata primaires, sur les côtes du Bervickshire, comme offrant les meilleures leçons en géologie. Ils présentent les ondulations et les inflexions sur une grande échelle, et avec beaucoup de variétés. Le docteur Hutton, dans sa *Théorie de la terre*, vol. 1, a donné une section de ces strata, d'après un dessin fait par sir James Hall. La nature de la courbure du schiste est d'autant plus facile à saisir d'après cette planche, que, outre les sections transversales du N. au S., les cavités faites par la mer, et les points saillans de la roche, elle développe encore plusieurs sections longitudinales de l'E. à l'O.

60. Les bassins, à Plymouth, sont, dans différens endroits, taillés dans la roche primaire de schiste, et très-courbés. Les inflexions en sont aisées à distinguer, puisqu'elles donnent trois sections à angles droits, l'une par rapport à l'autre, transversale, longitudinale, et horizontale.

61. D'après tous ces faits, auxquels il seroit aisé d'en ajouter d'autres, on peut tirer deux conclusions. La première est évidente, savoir, qu'avant leur état actuel, les lits ont été mous et flexibles. La courbure d'une couche de pierre dure et sans fracture, comme nous venons de le voir, est d'une impossibilité physique. A la vérité, dans un ou deux cas seulement, Saussure a remarqué une fracture avec la courbure; mais c'est un phénomène rare, et il faut le considérer, où il existe, comme l'indication d'une flexibilité imparfaite. Si donc on nous accorde que les strata, depuis leur complète

zontaux, ont été élevés de manière à devenir presque verticaux, pendant qu'ils étoient

---

formation, ont été autrefois mous et flexibles, il est impossible de nier que cet état de mollesse soit dû à l'application de la chaleur.

62. La deuxième conclusion, annoncée plus haut, résulte d'une propriété qui appartient très-généralement, sinon universellement, aux inflexions des strata. Elle consiste dans la simplicité de leur courbure, ou dans une dimension seulement, comme une superficie cylindrique, qui n'est pas double; ou dans deux dimensions, comme la superficie d'une sphère ou d'un sphéroïde. Ceci peut s'exprimer autrement, en disant que les sections des strata courbés par un plan horizontal, sont des lignes droites parallèles. D'après cela, chaque stratum semble courbé sur un axe, et les axes de toutes ces courbures différentes sont, dans une grande étendue de pays, presque parallèles.

Cette vérité est de toute évidence par-tout où l'on peut voir les strata en sections transversales et longitudinales. La preuve en est remarquable dans le schiste primaire de la côte du Berwickshire, où les couches de roches coupées transversalement, par un plan vertical, montrent des figures de courbes très-compliquées, avec variété de *maxima* et de *minima*, et des points de courbures contraires; mais, si on les coupe par un plan horizontal, la section ne produira que des lignes droites presque parallèles.

63. Lorsque l'on juge l'invariabilité de la direction des strata primaires par leurs intersections avec le plan horizontal, elle est souvent très-remarquable. Leur élévation et leur courbure sont susceptibles de changemens considérables et subits, de manière à passer non seulement du grand au petit, mais encore d'un côté à un autre côté opposé; et cela dans une distance peu éloignée. Mais la ligne horizontale sur laquelle ils s'éten-

encore couverts par l'Océan, et avant que les lits secondaires aient commencé à se dé-

---

dent, conserve ordinairement le même gisement à une très-grande étendue. La direction générale des strata primaires dans le sud de l'Ecosse, est de l'E. N. E. à l'O. S. O.; et il en est de même de ceux qui composent la chaîne des Grampians au nord, et les collines du Cumberland et du Westmoreland au sud, quoiqu'entre le schiste et ces trois chaînes, il n'y ait point de communication à la surface, chacune étant séparée de l'autre par l'interposition des lits secondaires. J'ai déjà fait mention des observations de lord Seymour et des miennes, faites au pied de l'Ingleborough; et il paroît, d'après elles, que, quoique le schiste vertical sur lequel il repose conserve encore une direction orientale et occidentale, il varie cependant dans quelques points pour se réunir aux strata les plus septentrionaux. Les lits du pays de Galles se rapprochent davantage de la première direction, et ceux du Devonshire et du Cornwall y tendent également. Dans tout ceci, il est aisé de concevoir que je n'ai pas prétendu parler avec une précision absolue, ou nier l'existence des irrégularités locales. Le résultat est seulement une espèce d'approximation déduite d'observations peu susceptibles d'une grande exactitude, et qui n'ont point été assez multipliées pour donner à la conclusion toute la justesse qu'elle pourroit avoir.

64. On a aussi observé, dans d'autres pays, la tendance qu'ont les strata primaires à prendre une direction uniforme. Saussure a remarqué, dans les Alpes, que les lits de schiste sont généralement parallèles à la chaîne des montagnes qu'ils composent (*); et cette remarque est probablement applicable à toutes les montagnes formées de strata primaires. Ainsi, la direction générale du schiste des Alpes doit être renfermée entre l'O. 10°. S., et l'O. 40°. S. Dans les Pyrénées, la direction des

(*) Voyages aux Alpes, tom. 1, § 577.

poser sur eux. Il conclut aussi que, comme les fragmens de la roche primaire, enfermés

---

strata est environ O. N. O. (*). Si la règle de Saussure est invariable, les schistes de l'Altaïc et de la plupart des autres grandes chaînes de l'ancien Continent sont dans des directions qui tendent beaucoup vers le sud. Les Ourals, et peut-être d'autres chaînes du Nord, sont entièrement différens. Dans les Ourals, comme nous le voyons, non seulement par la direction générale de la chaîne, mais encore par une de leurs sections, qui se trouve dans le 10e vol. des *Nova acta* de Pétersbourg (tab. 12), la direction des strata est presque du N. au S. Cette dernière est probablement la direction des grandes chaînes de l'Amérique méridionale. Ainsi, la direction dans les strata primaires, que quelques minéralogistes voudroient étendre à ceux de tout le globe, est certainement imaginaire, quoiqu'il n'y ait point de doute qu'elle n'ait lieu sur une très-grande portion de la surface de la terre (**).

65. La tendance qu'ont les strata primaires à rester

(*) Essai sur la minéralogie des Pyrénées.

(**) Il est peut-être inutile d'observer que les deux propositions, savoir, que les intersections des strata avec l'horizon sont des lignes parallèles, et que ces lignes conservent le même gisement par rapport aux pointes du compas, sont presque la même chose pour les chaînes d'une médiocre étendue, mais bien différentes pour les grandes portions de la surface de la terre. Si, par exemple, le lit d'un schiste primaire vertical, qui traverse le midi de l'Ecosse, se traçoit à l'est dans le même plan depuis son extrémité nord, où sa direction est, est nord-est, et sa latitude 55° 57′, il couperoit le méridien toujours moins obliquement à mesure qu'il avanceroit, jusqu'à ce qu'ayant augmenté sa longitude d'environ 26° 28′, il soit à angles droits au méridien, et sa direction par conséquent est et ouest. C'est ce qui arriveroit dans le parallèle de 58° 51′ (sur la côte du golfe de Finlande, près Revel), les strata se trouvant étendus à peu près à 880 milles du *siccar point*. Réciproquement, des strata verticaux, ayant le même aspect, par rapport au méridien, peuvent être en plans très-inclinés l'un vers l'autre. Un stratum qui se montre à l'est et à l'ouest dans le Cornwall, et un autre qui joue le même rôle à la pointe orientale de la chaîne Altaïque, se coupe-

dans la secondaire, sont, pour la plupart, arrondis et usés, la déposition de la secon-

---

droits dans la direction horizontale, et à se courber dans la verticale, est un phénomène qui indique clairement les causes qui l'ont produite. Une surface d'une courbure simple ou une surface droite dans une direction, sera le résultat naturel de l'action de certaines forces sur les différens points d'un plan, qui est flexible, quoique tenace à un certain degré. Ainsi, la supposition, que ces strata ont dû être plats et horizontaux autrefois, et qu'ils ont été poussés en haut avant d'acquérir leur fermeté et leur dureté, expliquera l'espèce de courbure qui les éloigne aussi peu que possible de leur première condition. Mais aucune autre hypothèse n'explique pourquoi ils auroient cette courbure plutôt qu'une autre. De la chute des voûtes souterraines nous pouvons attendre fracture et dislocation, sans ordre, ni régularité; mais point de courbure, de sinuosité, ni aucun arrangement symétrique. Si, comme quelques minéralogistes le prétendent, la courbure, ainsi que l'inclinaison des strata, venoient des irrégularités du fond qui leur a servi de base, pourquoi la première est-elle dans une dimension seulement, et pourquoi ne se montre-t-elle pas dans toute direction,

reicept à angles droits. Tout ceci est assez évident d'après la connoissance de la sphère; et nous n'en parlons que pour prévenir qu'il ne faut pas se hâter de tirer des conséquences d'après les formes correspondantes des strata des pays éloignés.

Pour la conduite de ceux qui, après nombre d'observations, voudroient en déduire un terme moyen pour le gisement des strata, il est bon de remarquer que l'approximation la plus vraisemblable ne peut résulter d'un simple moyen arithmétique. Le chemin le plus sûr est de procéder par la table transversale, en conservant la manière de compter d'un vaisseau (supposant la distance toujours être l'unité), et de compter depuis les gisemens observés la somme de toutes les tendances vers le sud ou le nord, et de toutes les tendances vers l'est ou l'ouest La somme de toutes les dernières, divisée par la somme de toutes les premières, est la tangente de l'angle que la direction générale des strata fait avec le méridien.

daire doit avoir été séparée de l'élévation de la primaire, dans un intervalle de temps

---

comme est la pente des collines et des vallées, ou comme la surface actuelle de la terre? ou, enfin si tout le mécanisme des montagnes primitives est un effet de la cristallisation, et si ces montagnes sont maintenant telles qu'elles ont toujours été depuis leur consolidation, d'où vient que, dans leur pente, les lois que nous venons de citer, sont si constamment observées? En vérité, l'idée d'attribuer l'inflexion des strata à la cristallisation, quoique suggérée par Saussure (*), et devenue depuis le système favori de quelques minéralogistes, me paroît illusoire et très-peu satisfaisante. Le motif pour lequel on introduit ici la cristallisation, n'est pas pour donner à une substance particulière une figure spécifique; mais pour arranger les substances qu'elle a formées et figurées suivant certaines règles; travail dont nous ignorons les ressources. Ainsi, ce principe n'explique, en aucune manière, ni les circonstances qui accompagnent l'inflexion des strata, ni leur courbure simple, ni le parallélisme de leurs couches, qui, dans toute espèce de pente, est si fidèlement observé. Ce principe ne sert pas plus à expliquer ces faits, que si les apparences étoient absolument contraires. Que les strata affectent la courbure la plus compliquée au lieu de la plus simple; que les lignes, au lieu d'être parallèles, convergent, s'éloignent ou se rapprochent alternativement l'une de l'autre, la théorie de la cristallisation peut toujours être appliquée. Le phénomène en question n'a point de rapport avec la cristallisation: elle explique tout avec la même facilité; la ligne droite et la courbe, le carré et le cercle, ce qui est movible et ce qui ne l'est pas. N'est-il pas évident qu'une pareille explication ne consiste que dans des mots; et que, s'il y a quelque chose de plus, ce ne peut être que l'expres-

(*) Voyages aux Alpes, tom. 1, § 475.

suffisant à l'action du brisement et de la ruine, et ensuite au travail des figures rondes

---

sion maladroite et indirecte de notre ignorance, qui nous prive de tout l'avantage qu'on peut tirer souvent d'un aveu simple et franc ?

On ne devroit jamais oublier qu'une théorie qui n'explique que *quelque chose*, et une théorie qui n'explique *rien*, sont précisément les mêmes, et doivent être écartées de toutes recherches philosophiques, puisqu'elles ont été justement honorées du nom de sciences exactes. Les orbes animés d'Aristote et les tourbillons de Descartes ont disparu depuis long-temps de l'astronomie physique ; les premiers, parce qu'ils rendoient raison de tout également ; les seconds, parce qu'en expliquant une chose, ils ne convenoient point à une autre. Ainsi, on a donc bien fait de rejeter ces deux théories ; et, lorsque la géologie aura éprouvé la même épuration, le principe que nous venons d'examiner ne sera pas le seul sacrifice à faire dans le système des Neptunistes.

66. Il est convenable de parler ici d'une apparence qu'on observe dans quelques espèces de schistes primaires, qui indique clairement leur déposition par l'eau, et en plans bien différens de ceux dans lesquels nous les considérons maintenant. Cette apparence, qui est étroitement liée à la question présente, consiste dans de petites ondulations marquées sur les lames de schiste, parfaitement semblables aux traces que la mer laisse sur un banc de sable de pente douce, au moment où elle se retire. Toutes les espèces de schiste n'offrent pas les mêmes accidens. Les roches ainsi ondulées sont, je pense, une espèce d'argile, mais souvent très-dure ; au point que les impressions que les lames contiennent ne peuvent en être séparées qu'avec beaucoup de difficultés. Cette espèce de schiste abonde dans le Berwickshire et dans le Galloway. Il faut que tout s'accorde sur l'agent qui produit ces marques ; il ne peut y en avoir d'autre que la mer, mais elle n'a pu agir que sur

de ces fragmens, qui ont dû être d'abord détachés (*a*).

---

des particules détachées, menues et rondes, posées sur une surface presque horizontale.

67. La Théorie du docteur Hutton n'est nulle part plus satisfaisante que dans ses assertions sur l'élévation et l'inflexion des strata, points sur lesquels toutes les autres sont si incomplettes. Les phénomènes qu'il faut ici réunir, sont extrêmement variés et même d'apparences contradictoires : l'horizontalité d'une partie des strata; la position inclinée ou verticale d'une autre; les plans parfaits sur lesquels une suite de lits s'étendent;

(*a*) Si le docteur Hutton et M. Playfair avoient voulu ajouter ici une abondance de preuves en faveur de leurs opinions, ils auroient cité l'*Atlas minéralogique de la France*, publié par Monnet, in-4°, Paris, 1780. Les cartes des différentes provinces de France, les coupes et sections géologiques qui embellissent cet ouvrage, auroient procuré aux auteurs anglais une heureuse identité de faits sur le même objet, observée dans des contrées différentes.

De même, l'ouvrage intitulé, *Enumerationis fossilium Galliæ tentamina*, par d'Argenville, in-8°, Paris, 1751, est un autre riche magasin où tous les systèmes peuvent puiser des ressources.

Grâces aux immenses travaux de MM. Cuvier et Brongniart, nous possédons le fil le plus sûr qui puisse nous guider dans les labyrinthes souterrains. Le premier, dans ses *Recherches sur les ossemens fossiles des quadrupèdes*, et tous les deux, dans la *Géographie minéralogique des environs de Paris*, détruisent de vieilles erreurs, établissent des vérités nouvelles, et nous font connoître, par l'analogie, et par la juste observation des phénomènes que présente aujourd'hui une partie du globe, ce qui a pu et dû lui arriver en différens temps, partiellement, ou dans la totalité.

Je ne puis trop recommander aussi, à l'appui de cette théorie, les leçons données par le savant M. Tondi, *sur la connoissance des montagnes ou roches*. En nous rendant presque témoins oculaires des grandes opérations de la nature, c'est nous donner l'espérance de pouvoir saisir un jour jusqu'aux plus petits moyens de détail qu'elle a employés, et qu'elle emploie pour produire tant d'effets encore inexplicables.

(*Note du Traducteur.*)

44. En effet l'interposition d'une brèche entre les strata primaires et secondaires, et

---

le brisement et la dislocation d'une autre ; l'inflexion et la sinuosité d'une troisième ; et presque par-tout le plus complet endurcissement combiné avec les apparences de la mollesse et de la flexibilité la plus grande ; la conservation du parallélisme d'une superficie au milieu d'une telle irrégularité, et l'affectation d'une courbure d'une espèce déterminée dans des circonstances les plus variées ; toutes ces apparences devoient se lier l'une à l'autre, et avec la consolidation des strata ; et c'est ce qui a été fait par la double hypothèse de la déposition aqueuse, et de l'action de la chaleur souterraine. Lorsqu'on considère avec attention toutes ces circonstances, et lorsqu'on se rappelle les routes suivies par les autres systèmes dans cette occasion, je crois qu'on avouera facilement que peu de théories ont eu plus de succès dans les entreprises de la généralisation que celle du docteur Hutton.

68. L'étude de la géologie doit beaucoup au fait de l'élévation des strata. La forme stratifiée d'une grande portion de la surface de la terre donne aux minéraux cette organisation et cette régularité qui font de leur disposition un objet de science, et leur position inclinée nous porte à étendre cette organisation jusqu'à des profondeurs plus grandes que celles où l'art puisse atteindre. Si, par exemple, l'extrémité des strata, qui font avec l'horizon un angle de 30°, posés l'un sur l'autre, à une étendue horizontale de deux milles, alors il est certain que, si ces strata ont cette étendue sous terre, ce qu'on peut raisonnablement supposer, l'épaisseur de toute la masse, mesurée par une ligne perpendiculaire à sa stratification, est la moitié de la distance horizontale, ou un mille. Il faudroit aussi faire une excavation depuis le sommet de ces strata, jusqu'à la profondeur de (deux milles $\times$ tang. 30°. $=$) 6093 pieds, avant qu'elle puisse atteindre les lits les plus bas. Si donc nous sup-

où l'on trouve toujours des fragmens de la roche primaire ronds ou angulaires, est un

---

posons que le même stratum conserve le même caractère dans l'étendue de quelques milles, nous recevons la même instruction par la vue d'une section, et nous voyons réellement aussi avant dans les entrailles de la terre, que si nous avions creusé un puits de 6,000 pieds de profondeur.

En général, la longueur de la ligne horizontale, tirée à travers les strata, depuis le plus bas en position jusqu'au plus haut, multipliée par le sinus de l'inclinaison des strata à l'horizon, donne l'épaisseur du tout, mesurée perpendiculairement au plan de la stratification: et la même distance horizontale, multipliée par la tangente de l'inclinaison, donne la profondeur actuelle à laquelle le stratum le plus bas rencontreroit une perpendiculaire à l'horizon, tirée du sommet du stratum le plus élevé.

Dans plusieurs cas, l'étendue des substances stratifiées, qui admettent un semblable examen, est plus considérable que nous l'avons supposée. M. Pallas décrit une chaîne de collines au côté S. E. de la péninsule de la Tauride, qui, coupée perpendiculairement du côté de la mer, présente une section complette de lits parallèles de pierre de chaux primaire, ou ancienne, comme il l'appelle, inclinée à l'horizon par un angle de 45° ; et cette section est visible dans l'étendue de 130 verstes, ou environ 86 milles anglais. Les lits sont si réguliers, que M. Pallas les compare aux feuillets d'un livre (*). La hauteur de ces collines ne passe pas 1,200 pieds ; mais la hauteur réelle du stratum le plus élevé au dessus du plus bas, est $86 \times \sqrt{\frac{1}{2}} = 86 \times \frac{5}{7} = 61$ milles à peu près.

Si nous concevons donc qu'il n'y a pas d'interruption dans ce grand système de strata, nous sommes réelle-

(*) Voyez *Nova acta acad. Petropol.* tom. x, (1792), pag. 257.

fait

fait si général, et la quantité de cette brèche est souvent si considérable, qu'elle conduit à une conclusion plus paradoxale que les précédentes, à laquelle néanmoins il est très-difficile de ne pas se rendre. Le gravier, ou les cailloux arrondis, lorsqu'ils se rencontrent en abondance, doivent, d'après la remarque déjà faite, être considérés comme une production particulière aux lits des rivières, aux rivages des continens; et non comme des résultats formés à de grandes profondeurs sous la surface de la mer. Il sembleroit

---

ment capables, par son moyen, de voir à peu près 61 milles dans l'intérieur de la terre, environ la 65ᵉ partie d'un rayon du globe. Il est vrai qu'on peut à peine supposer un aussi grand corps de strata, sans interruption, et que nous avons à diminuer beaucoup l'épaisseur; mais, en faisant même une réduction de moitié, il est constant que les hommes voient dans l'intérieur du globe beaucoup plus avant qu'ils ne se l'imaginent, et que c'est sans raison qu'on reproche aux géologues de former des théories de la terre, puisque tout leur pouvoir ne s'étend pas plus loin qu'à quelques écorchures faites à sa surface. L'art fait certainement quelque chose de plus; la nature aide l'observateur attentif, et lui fournit des découvertes d'une étendue aussi grande que celle de ses propres opérations.

Le plus simple calcul qu'on puisse donner de ce corps immense de parallèles et de strata très-inclinés, est qu'il est composé d'extrémités de strata horizontaux, ou de strata peu inclinés, qui ont été élevés lorsqu'ils étoient encore dans leur état de mollesse et de flexibilité. Ceci est une supposition plus concevable que celle de Pallas, qui prétend que la majeure partie de la masse s'est précipitée dans quelques vastes cavernes de l'intérieur de la terre.

donc que le schiste primaire, après avoir gagné sa position inclinée, a été élevé à la surface où le gravier étoit formé, et que de là il a été replongé encore dans les profondeurs de l'Océan, où les strata secondaires se sont déposés sur lui. Ces élévations et ces dépressions alternatives dans le sein de la mer, toutes extraordinaires qu'elles paroissent, semblent faire, du système du règne minéral, une partie séparée d'un autre phénomène que nous décrirons par la suite.

45. En général cependant, si l'on compare la position actuelle des strata, leur élévation verticale, leur courbure, les interruptions de continuité, et la stratification transversale des strata secondaires par rapport aux primaires; si l'on compare, dis-je, tout cela avec la position plane qu'ils ont dû avoir dans l'origine, nous avons une démonstration complette du bouleversement, du déchirement par parties, et du mouvement angulaire produit par une force qui, en général, a été dirigée du bas en haut. En adoptant cette conclusion, nous avons raisonné plus d'après les faits qui se rapportent *à l'élévation angulaire* des strata, que d'après ceux qui sont en rapport avec *leur élévation absolue*, ou leur translation à une grande distance du centre de la terre; et cela parce que les apparences de l'élévation absolue des strata sont plus trompeuses que celles qui appartiennent au changement de leur position angulaire. On peut rendre compte de la première élévation, en

supposant que les strata ont été séparés des secondaires de deux manières, soit par la retraite de la mer, soit par l'élévation de la terre; mais on ne peut expliquer la seconde élévation que par un seul moyen, et qui nous force à reconnoître nécessairement l'existence d'un pouvoir expansif, qui a agi sur les lits avec une énergie incroyable, et qui a été dirigé du centre à la circonférence.

46. Puisque nous sommes certains de l'existence d'un tel pouvoir dans les régions minérales, nous raisonnerions fort mal, si nous ne lui attribuions pas toutes les autres apparences du mouvement qu'il est juste qu'il produise dans ces régions. Si la nature, dans ses laboratoires souterrains, est pourvue d'une force qui pourroit briser en éclats la couverture énorme du globe, et placer les fragmens debout sur leurs angles, ne pourroit-elle pas, par le même effort, les élever des plus grandes profondeurs de la mer à la plus haute élévation de la terre? La cause qui est en proportion avec un de ces effets, l'est également avec tous les deux. Car c'est un principe bien connu en mécanique, que la force qui produit un mouvement parallèle, peut, d'après la manière dont on l'emploie, en produire aussi un angulaire, sans la moindre diminution du premier effet. Il seroit donc très-peu philosophique de supposer que la cause qui a changé le niveau relatif des strata, et la surface de la mer, soit différente de celle qui, dans tant de circonstances, a élevé les

strata horizontaux à une position très-inclinée, ou même verticale : ce seroit introduire l'action de plus de causes que les phénomènes n'en demandent, et oublier que la nature, dont nous nous efforçons de deviner les opérations, sait faire l'application la plus économique de ses ressources infinies.

47. C'est pourquoi, d'après tout ce qui a rapport à la position des strata, je crois pouvoir affirmer que leur bouleversement et leur déplacement de la formation originelle par une force dirigée du bas en haut, sont des circonstances, dans l'histoire naturelle de la terre, aussi évidentes que celles qui ne présentent pas une observation immédiate. Quant au pouvoir qui est la cause de ce grand effet, nous ne pouvons le connoître avec la même évidence, et il faut se borner à passer de ce qui est certain à ce qui est probable. Nous pouvons remarquer que, de toutes les forces de la nature que notre expérience ne peut mesurer, aucune ne semble plus capable de produire l'effet que nous lui attribuons, que la puissance expansive de la chaleur, puissance qui ne connoît point de limites, et qui, sur tout ce qui est indépendant de l'élévation des strata, est déja démontrée comme agissant avec une grande énergie dans les régions souterraines. Nous n'avons, en vérité, d'autre alternative, que d'adopter cette explication, ou d'attribuer les faits en question à quelque cause secrette et inconnue, dont la nature est ignorée, et l'existence douteuse.

Nous devons donc supposer que l'action de cette même chaleur souterraine, qui a consolidé et minéralisé les strata au fond de la mer, les a depuis élevés à la hauteur où nous les voyons, et leur a donné les inclinaisons variées que nous leur trouvons à présent.

48. La probabilité de cette hypothèse prendra beaucoup de force, si on considère que, outre les indications de mouvement dans les corps du règne minéral, déja citées, il y en a encore d'autres où l'on découvre clairement des effets de la chaleur plus caractéristiques que ceux d'une simple expansion. Ainsi, en examinant les indices de désordre et de mouvement parmi les strata, on observera que, malgré la fracture et la dislocation, dont il y a tant d'exemples, il se trouve entre eux peu d'espaces vides. Les fentes, les séparations sont nombreuses et distinctes, mais elles sont presque toujours remplies de minéraux, d'une espèce toute différente de celle de la roche qui se trouve des deux côtés, et remarquables en ce qu'ils ne contiennent aucun vestige de stratification. Ceci nous mène à l'examen des fossiles non stratifiés, division qui doit être distinguée comme la deuxième dans tout le règne minéral, vu géologicalement. Ces fossiles sont immédiatement liés au bouleversement des strata, et paroissent, dans beaucoup d'occasions, avoir servi d'instrument à leur élévation.

SECTION DEUXIÈME.

PHÉNOMÈNES PARTICULIERS AUX CORPS NON STRATIFIÉS.

I. *Veines Métalliques.*

49. Les minéraux non stratifiés sont ou en veines qui entrecoupent les lits (XIII[e] note) ou en masses entourées par eux. Les veines

---

(XIII[e] note) *Veines métalliques.* 69. Les immenses morceaux de fer natif, trouvés en Sibérie et au Pérou, comme nous l'avons dit § 51, sont, dans l'histoire naturelle des métaux, un des faits les plus curieux. On a cependant mis en doute si ces échantillons étoient réellement le travail de la nature, ou une production de l'art. Si on les avoit trouvés dans le cœur des roches, ou au centre des veines métalliques, un semblable doute seroit impossible; mais, comme ils reposoient sur la surface et au milieu d'un pays plat, éloigné de toute veine de métal connue, la conjecture qui les attribue à l'art, et à des restes de fonderies de fer travaillé par des nations anciennes et inconnues, n'est pas tout-à-fait dépourvue de probabilité. Cependant plus on examine soigneusement ces morceaux, plus cette probabilité diminue. Le métal est trop parfait, et ses masses trop grandes, pour avoir été fondues dans des fourneaux, ou transportées par les machines d'un peuple sauvage. L'échantillon de l'Amérique méridionale pèse 300 quintaux, ou à peu près 15 tones, et il est doux et malléable (*).

(*) Trans. phil. pag. 37 et 183, etc.

sont de différentes espèces, et peuvent en général être définies, des séparations dans

---

Celui de Sibérie, décrit par Pallas, est aussi très-grand; il est doux et malléable, et rempli de cavités rondes contenant des substances qui, d'après l'examen, ont été jugées être des chrysolites (*). Alors il est certainement impossible que, dans une fusion artificielle, il se soit introduit une si grande quantité de chrysolites; mais, si la fusion a été naturelle, et s'est faite dans une veine minérale, le fer et la chrysolite sont toutes deux à leur place, et leur rencontre n'a rien d'inexplicable.

70. Quelques circonstances, dans la description du morceau de fer de l'Amérique méridionale, telles que l'impression des pieds humains et des pattes d'oiseaux à sa surface, ne peuvent s'expliquer par aucune hypothèse, et méritent certainement une plus sérieuse attention. On dit que ce fer s'oxide difficilement, et que, d'après l'analyse d'un de ses fragmens, faite par Proust, il est probable qu'il doit cette qualité à son union avec le nickel (**). Il paroît également que la contrée de Chaco, où ce morceau a été trouvé, en a fourni plusieurs autres de la même espèce; et nous n'avons la description que d'un seul. Ce pays, à l'est de la Plata, est plat, uni, d'une grande étendue, et sans la moindre apparence de veines minérales; mais de telles veines peuvent exister, sans être découvertes, dans une ligne sujette aux inondations périodiques, et où la roche native est recouverte par les terres alluviales et le gravier, à une très-grande profondeur. Les veines ont pu être emportées par les eaux, et les substances les plus durables, telles que les échantillons de fer dont nous parlons, rester à leur place; et, quoique d'après la supposition, ils doivent être d'une très-ancienne for-

(*) Minéralogie de Kirwan, vol. 2, art. fer natif.

(**) Annales de chimie, tom. 35, Messidor, pag. 47.

même. Les veines minérales, ainsi strictement définies, sont celles qui contiennent des subs-

---

sur cet objet de plus grands renseignemens. Il les considère comme des effets d'un feu volcanique ; d'où nous pouvons conclure qu'ils contiennent des marques évidentes de fusion, qu'il faudroit encore attribuer à cette chaleur, dont le feu volcanique n'est qu'une dérivation partielle et accidentelle.

74. De même, l'état dans lequel on trouve souvent l'or et l'argent, pénétrant des masses de quartz, et passant à travers dans toute direction, fournit un argument bien fort en faveur de l'origine ignée, soit pour le métal, soit pour la pierre. D'après l'inspection de tels échantillons, il est évident que le quartz et le métal cristallisé ont passé de l'état fluide à l'état solide, et dans le même temps; et qu'il est difficile de concevoir que cette fluidité vienne d'une solution dans une menstrue : car, pour que l'eau ou le *fluide chaotique* ait eu le pouvoir de dissoudre le quartz dans la menstrue, il lui auroit fallu la pénétration d'un alkali ; et, pour avoir pu dissoudre le métal, il lui auroit fallu en même temps la pénétration d'un acide. Mais ces deux qualités opposées ne peuvent exister dans le même sujet ; l'acide et l'alkali se seroient réunis, et, à forces égales, auroient formé un sel neutre, comme le sel marin, incapable d'agir, soit sur le corps métallique, soit sur le siliceux. Si l'acide eût été le plus puissant, le sel composé auroit agi sur le métal, et point du tout sur le quartz : si l'alkali l'eût emporté, le sel composé auroit eu son action sur le quartz, et nullement sur le métal. Dans aucun cas, l'action n'auroit eu lieu sur les deux, et en même temps. En supposant au feu ou à la chaleur une intensité suffisante, il n'y a plus de difficultés, et ses forces ont pu être mises en activité sur les deux corps et avec des effets égaux.

75. La consolidation simultanée du quartz et du métal est réellement si peu probable, que les Neptunistes

gueur et en profondeur, et remplies de substances minérales différentes de la roche elle-

---

Voilà certainement l'opinion la plus singulière qu'on puisse avancer sur ce sujet; et, comme elle n'est point appuyée sur l'analogie, elle n'admet point de preuves, et ne demande point de réfutation. Il n'y a qu'un chimiste, d'une certaine célébrité, qui pourroit hasarder impunément une assertion aussi incohérente avec tous les phénomènes et les principes de sa science.

73. Une remarque du même auteur, au sujet de l'or natif trouvé dans le comté de Wiclkow en Irlande, mérite encore plus d'attention. « Il est évident, dit-il, que ces masses d'or natif n'ont jamais éprouvé la fusion, par leur peu de gravité spécifique, et par les grains de sable qui y sont renfermés. J'ai trouvé que la pesanteur spécifique d'un morceau de la grosseur d'une noix muscade ne se montoit qu'à 12,800, tandis qu'après sa fusion, elle étoit de 18,700 (*).

Cet argument est plausible, mais il ne conclut rien. Le sable trouvé dans l'or explique la légèreté de la masse, au moins en partie. Ce n'est que par des fusions répétées qu'un métal acquiert sa plus grande pureté et sa plus forte pesanteur spécifique; et on ne peut supposer que, dans les régions minérales, la fonte de l'or ait été assez exactement faite pour en dégager toutes les substances hétérogènes. On doit donc s'attendre naturellement à trouver du sable de quartz dans une pièce fondue par un pareil procédé. Les impressions que les cristaux de quartz ont laissées sur l'or de Wicklow, seroient autant de preuves de la fusion du métal, si les géologues régloient leurs théories sur les principes qui déterminent la croyance des autres hommes.

Dom Rubin De Celis, cité plus haut, fait mention de quelques masses d'argent trouvées à Quantajaia, et de quelques grains de platine, en termes qui font désirer

(*) Essais géol. pag. 402.

Il est trop évident que ces veines sont d'une formation postérieure au durcissement et à la

---

enfermé dans la calcédoine; et la figure particulière de chaque substance est imprimée sur l'autre. Les angles et les plans du spath entament la calcédoine, et les segmens sphériques de la calcédoine sont marqués sur les plans du spath. Ces apparences ne s'accordent avec aucune consolidation qui ne suppose une concrétion simultanée de toute la masse; et une pareille concrétion, loin de pouvoir venir d'une précipitation dans un dissolvant, ne peut être que le résultat de la congélation d'un corps en fusion. Il faut remarquer que cet argument n'est point fondé sur un seul échantillon (quoique dans le fait il seroit très-concluant), mais sur un phénomène, dont les exemples sont innombrables (*a*).

77. D'après cette théorie, les veines ont été remplies par l'injection d'une matière fluide venue d'en bas; cela est si vrai, et s'accorde si bien avec tous les phénomènes déjà décrits, que ce qui le confirme encore, c'est qu'aucune des substances qui remplissent les veines ne se trouve nulle part à la surface de la terre. Il n'en est pas des veines comme des strata; nous retrouvons, dans le sable des rivages, dans les amas de coquilles et de coraux, dans le fond de la mer, les mêmes matières que dans les strata. Mais il n'en est pas ainsi des veines métalliques : « Cherchez, nous dit le docteur Hutton, dans les sources de nos richesses minérales. Demandez au mineur d'où le métal est venu jusque dans les veines. Ce n'est point de l'air, ni de la surface de la terre; ce n'est point des strata, qui sont eux-mêmes traversés par les veines : ils ne contiennent point un atome des minéraux que nous considérons actuellement.

(*a*) J'ai, dans ma collection, une infinité de morceaux de cette espèce; mais le plus curieux, sans doute, est un gros cristal de roche bien formé, traversé par plusieurs cristaux de béril, ou émeraude vert-bleuâtre.

(*Note du Traducteur.*)

consolidation des strata qu'elles traversent, pour que cela ait besoin de preuves ; et il n'est

---

Ces minéraux ne peuvent donc venir que d'un endroit ; des entrailles de la terre, lieu de la puissance et de l'expansion ; lieu d'où est venu cette chaleur intense, qui est la cause de la consolidation des roches, et de cette force étonnante qui a brisé et déplacé les strata réguliers (*). »

78. Cette réflexion est juste et naturelle ; mais si, au lieu d'interroger un mineur, nous consultons un Neptuniste, nous aurons une tout autre réponse. Comme ce philosophe n'est jamais embarrassé par la marche constante et uniforme de la nature, il nous dira que, quoique ni l'air, ni la superficie de la terre, ni même la mer, ne contiennent rien qui ressemble aux substances des veines, il a été un temps où toutes ces matières, mêlées ensemble dans la masse chaotique, formoient un vaste fluide qui enveloppoit la terre ; et que de ce fluide les minéraux se sont précipités, et ont rempli les crevasses et fentes des strata.

79. On allègue, pour preuve de cette hypothèse, que les veines minérales sont moins riches, à mesure qu'elles gagnent le bas, tandis qu'elles devroient être plus riches, s'il est vrai qu'elles soient remplies par la projection d'une matière fondue, venue d'en bas. Mais ce fait, quoique vrai dans quelques circonstances, n'est point général, et ne peut venir que des causes locales, accidentelles par rapport à nous, et au-delà des bornes auxquelles nos théories peuvent s'étendre. On dit que les mines du Mexique et du Pérou sont dans ce cas ; mais les mines du Derbyshire et de Cornwall sont dans le cas contraire. D'ailleurs, ce qu'il nous plaît d'appeler richesses d'une mine, ne l'est que relativement à nous, et relativement à une distinction que la nature n'admet point. Les spaths et les veines de pierres, qui sont dis-

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 130.

pas moins clair, d'après la structure spathique et cristallisée des substances que les

---

persés dans les décombres de nos mines, peuvent être aussi précieux aux yeux de la nature, et aussi utiles aux grands objets de son économie, et sont certainement des veines minérales aussi caractéristiques, que les filons d'argent ou d'or auxquels nous donnons une si grande valeur. A moins que ces substances ne soient en moindre quantité, et moins cristallisées dans une grande que dans une petite profondeur, ce dont on ne parle pas ici comme preuve, on ne peut tirer aucune conclusion des matières qui occupent peu de place dans une veine; et leur dissémination dans cette veine ne nous semble pas suivre toujours la même loi.

80. De plus, si les veines avoient été remplies par une déposition venue d'en haut, nous devrions y découvrir ces stratifications horizontales, qui sont les effets d'une déposition aqueuse, et nous ne verrions pas dans ces matières les marques de la violence qui les a poussées à leur place. La théorie des Neptunistes ne peut résister à l'épreuve de ces deux faits.

Quant au premier, il est reconnu qu'il existe dans les veines minérales une certaine disposition régulière des substances, comme il est dit au § 59. Mais c'en est une qui n'a absolument rien de commun avec le phénomène réel de la stratification. Elle consiste, dans la distribution des substances principales, en enveloppes parallèles aux côtés de la veine, chaque substance formant une enveloppe séparée. Dans une veine, par exemple, qui contient le quartz, le fluor, le spath calcaire, le plomb, etc., nous devons nous attendre à trouver une doublure de cristal de quartz immédiatement appliquée aux murs de la mine, et suivant exactement les irrégularités de leur surface; ensuite, peut-être, une enveloppe de fluor, puis de spath calcaire, et enfin la mine de plomb au centre de la mine: le même ordre est observé de l'autre côté. Il est essentiel de remarquer

veines renferment, que ces mêmes substances ont dû passer de l'état fluide à l'état concret.

---

que ces doublures successives ne sont point planes, mais que leurs surfaces ont des inégalités déterminées par celles des murs, c'est-à-dire, de la roche qui forme les côtés de la veine. Elles ne sont point horizontales, mais parallèles aux murs, que ceux-ci soient perpendiculaires ou inclinés. Ici, donc, il n'y a point d'apparence de l'action de cette loi de la statique qui a présidé à l'arrangement des autres strata, et qui tend à rendre le plan de chaque stratum, déposé par l'eau, perpendiculaire à la direction de la pesanteur. Les enveloppes des veines ont donc été produites par quelque autre pouvoir que celui qui constitue la déposition aqueuse. Si, comme le prétendent les Neptunistes, les matières ont été déposées par l'eau dans les veines, avec le calme le plus parfait, il est étonnant que nous ne trouvions pas ces matières placées en couches horizontales, à travers les veines, au lieu d'être parallèles à leurs côtés; et il semble très-bizarre que les strata ordinaires, déposés, comme nous l'avons dit, tandis que l'eau étoit dans une grande agitation, aient si rigoureusement cédé aux lois de l'hydrostatique (§ 38), et acquis, dans les plans de leur stratification, un parallélisme qui approche si souvent de la précision géométrique; tandis que les substances des veines, dans les circonstances les plus favorables pour produire le même effet, font presque le contraire, et prennent une position, souvent à angles droits, par rapport à celle que demandent les principes de l'hydrostatique. Voilà un paradoxe créé par le système Neptunien, et qui, par conséquent, n'est point à expliquer.

81. Dans une science qui traite d'objets sensibles, comme sont toujours ceux qu'on peut soumettre à l'examen de la vue et du toucher, des expressions simples ne devroient point conduire à l'erreur. Il paroît cependant qu'ici comme ailleurs, les Neptunistes se sont

Maintenant, on conclut, d'après beaucoup de phénomènes, que cette fluidité a été simple,

---

trompés dans l'application du terme de *stratification.* Quoiqu'une incrustation sur la surface perpendiculaire d'une roche ait peu de ressemblance avec un stratum, de l'espèce de ceux que nous sommes accoutumés à voir déposés par l'eau, cependant, le même nom ayant été une fois donné à tous les deux, les minéralogistes ont commencé à les regarder comme s'ils étoient précisément une seule et même chose, et à les faire dériver de la même cause. En vérité, chaque lit de pierre perpendiculaire ou incliné par en haut, est inexpliquable quand on le considère comme effet d'une déposition aqueuse, dans un système, comme celui des Neptunistes (*), qui n'a pas pourvu aux moyens d'élever de pareilles couches horizontales jusqu'à la position verticale. Cette observation peut s'appliquer à tous les cas de la stratification verticale. L'eau ne peut directement arranger ses dépôts dans des plans très-inclinés : aussi ai-je été souvent étonné de voir les Neptunistes soutenir si chaudement la stratification de certaines roches, tels que le granite, qui, étant verticale, ou très-inclinée, étoit beaucoup moins favorable à leur système que l'absence entière de toute stratification. J'étois disposé à admirer leur candeur, lorsque l'usage qu'ils faisoient du fait m'a convaincu qu'il falloit m'arrêter seulement à l'inconséquence de leur raisonnement. La théorie de Hutton est certainement la seule qui offre les moyens d'allier l'élévation des strata avec leur déposition horizontale, et qui puisse considérer la stratification, quel que soit son plan, comme originellement le travail de l'Océan. Les géologues qui s'attachent exclusivement à l'action de l'eau, n'étendront jamais le domaine de cet élément aussi loin que le docteur Hutton l'a fait, en le combinant avec le feu.

82. Mais, en supposant le système Neptunien pourvu de machines assez puissantes pour élever les strata du

(*) Voyez la note précédente.

comme

comme celle de la fusion par la chaleur, et

---

plan horizontal au vertical, cela ne prouveroit encore rien ici; puisque, dans aucune supposition, des incrustations sur dès côtés perpendiculaires d'une veine n'ont jamais été horizontales. Dans aucune supposition, donc, les incrustations ne peuvent servir de preuves d'un dépôt aqueux; et nous pouvons certainement conclure, que la matière qui les compose a été fluide vers le temps de leur formation; mais l'absence de toute apparence de disposition horizontale, dans les parties de la veine, équivaut presque à la démonstration, que cette fluidité ne vient pas de la solution dans une menstrue. Nous sommes donc fondés à croire que les enveloppes ont été, pendant le refroidissement de la matière fondue, injectées, par les régions minérales, dans les crevasses et les fentes des strata (§ 59).

83. Les veines minérales, particulièrement aux points d'intersection avec d'autres, contiennent beaucoup d'indications d'une agitation violente et répétée (§ 56). Sans avoir besoin de rappeler qu'elles doivent leur première formation au brisement et au déplacement des roches déjà consolidées, il paroît qu'elles ont reçu leur origine à des époques très-différentes, et que chacune a été accompagnée de convulsions qui ont ébranlé les fondemens de la terre. Dans le Cornwall, par exemple, la veine principale, et celle que l'on distingue par le nom de *lodes* (a), ont presque la même direction que les strata ou le schiste vertical, et s'étendent depuis environ E. N. O. jusqu'à O. S. O. Ces veines, cependant, sont souvent entrecoupées, et presque à angles droits, par d'autres veines minérales appelées *cross-courses* (b);

(a) Il paroit que cette expression de mineur indique les veines qui, dans leur direction, suivent la même pente que le ruisseau qui les avoisine. (*Note du Traducteur.*)

(b) Ce terme de mineur ne peut convenir qu'aux veines qui viennent aboutir en travers aux veines longitudinales. (*Note du Traducteur.*)

non composée, comme celle de la solution dans une menstrue. Cette conclusion est évi-

---

et cela n'arrive presque jamais sans un mouvement de ces dernières, qui, comme on dit, *élèvent* la direction des premières. Ceci indique clairement que les *cross-courses* sont d'une origine plus moderne que les autres, et que leur formation a été accompagnée d'une force telle que toute la roche, qui constitue le promontoire du Cornwall, a été bouleversée dans plusieurs endroits, et probablement beaucoup plus, dans l'espace de quelques verges, selon une direction horizontale. Quelquefois aussi la veine longitudinale et la veine qui traverse sont déplacées par une troisième. Ces convulsions sont communes aux veines minérales, et à celles de porphyre et de granite, produites, comme les autres, avec la même violence.

84. Ce qui est dit ici du Cornwall, est en quelque sorte l'histoire de toutes les contrées minérales. La grande *translation* horizontale qui a accompagné la formation des veines, le mouvement imprimé sur une masse de roches si considérable, et le fréquent renouvellement de ces convulsions immenses, ne peuvent être expliqués par le pouvoir doux et tranquille de l'eau. Ces effets exigent cette puissance excessive que nous savons exister par-tout; et, sans les volcans et les tremblemens de terre, nous pourrions encore douter si la chaleur souterraine elle-même possède assez d'énergie pour produire des résultats aussi étonnans.

D'après l'*élévation* d'une veine par une autre, il est évident qu'il y a eu une force d'impulsion dans la direction de l'une d'elles, au moment de sa formation. On ne peut rendre raison de cette force, en supposant que les veines aient été formées par la simple contraction des strata; car, dans ce cas, les roches n'auroient pu être divisées en parties, et poussées en avant dans le même temps. Il paroît plus probable que les fentes des strata se sont faites, et que la matière s'y est introduite, au moins

dente par l'insolubilité reconnue des substances qui remplissent les veines, dans quelque

---

dans beaucoup de cas, presque dans le même temps, comme étant des effets de la même cause, la force expansive de la chaleur souterraine.

On remarque, au § 56, que l'interruption des strata est mieux observée là où les veines font une section transversale des lits de roches, très-inclinée à l'horizon. Il est vrai aussi que, dans quelques cas, les strata, presque de niveau, peuvent découvrir très-aisément ces interruptions produites par les veines. Ainsi, dans le Derbyshire, où les veines minérales sont dans les strata secondaires presque horizontaux, il n'y a presque point d'exemples où l'on ne puisse voir, des deux côtés de la veine, un niveau différent pour les strata correspondans.

85. Le fait décrit par Deluc, et rapporté au § 55, peut, d'après ce que nous en savons, être expliqué de deux manières. La grande masse de roche, qui paroît isolée entre deux branches de la même veine, doit, ou être un morceau brisé, et supporté par la matière fondue qui l'entouroit, ou bien un fragment contenu entre deux veines qui sont réellement distinctes, et de différente formation. La vérité de cette dernière supposition deviendroit probablement évidente d'après un examen sérieux des deux parties de la veine, puisque quelques différences caratéristiques conduiroient nécessairement à la conséquence d'une formation différente. Si ces différences n'existent pas, il faut supposer que les deux branches appartiennent à la même veine; et la seule explication probable de l'isolement de cette masse viendra alors de la première supposition. Ce fait, malgré toute l'exactitude de l'observation de M. Deluc, mérite cependant un examen plus scrupuleux, avant qu'on soit à même de décider si, selon la première supposition, il prouve pour la théorie de Huton; ou si, selon la

menstrue que ce soit; par la disparition totale du dissolvant, s'il y en a eu; par le remplis-

---

seconde, il tient un juste milieu entre cette théorie et celle de *Werner*.

86. Quoi qu'il en soit, des fragmens de roches, en général, isolés dans les veines, sont certainement favorables à l'idée d'un fluide pesant, et injecté, qui les a soutenus dans l'origine. Par-tout, où les pierres contenues dans les veines n'ont point d'affinité avec les roches du dessus, comme il arrive souvent, on ne peut supposer qu'elles viennent d'ailleurs que d'en bas, transportées par la matière des veines. A ce sujet, nous avons déjà parlé de l'exemple qui se trouve au canal d'Huddersfield.

87. Les observations précédentes out été faites contre la théorie qui suppose que les veines ont été remplies par la déposition aqueuse. Il y a une autre théorie soutenue par quelques Neptunistes, qui veut que les métaux aient été introduits dans les veines par l'infiltration (*). Cette opinion est suffisamment réfutée par le fait, que rarement on trouve hors de la veine des substances métalliques, soit sur les côtés de la roche, soit même là où la veine est la plus riche. Ceci ne s'accorde pas avec la supposition d'un métal porté dans les veines par l'eau, à travers les roches adjacentes, à moins de donner une raison satisfaisante qui détermine l'eau à abandonner la mine dans la veine, et non ailleurs. En outre, cette hypothèse ne rend point compte de la formation des spaths, des *whinstones*, qui tapissent les veines, et qui paroissent clairement avoir été portés là dans le même temps que le métal, et sans doute par la même cause.

88. Les veines, proprement dites, sont d'un nombre infini; mais il y a aussi des plaques minces de spath et de cristaux de différentes espèces, souvent renfermées dans

(*) Essais géologiques, pag. 401.

sage complet de la veine avec les substances que ce dissolvant y a déposées ; par l'absence entière des indices d'une déposition horizontale ou graduelle ; et enfin par l'existence des cavités closes, revêtues de cristaux, et

---

les roches, et closes de tous côtés, auxquelles on donne communément le nom de *veines*. Ces dernières doivent être certainement distinguées des premières, et peuvent fort bien s'appeler *veines plates ou lenticulaires,* puisque les plaques ou les croûtes qni les composent ont très-souvent la forme de lentilles, quoique très-irrégulières, comme on peut le supposer. Chacun de ces termes étant dérivé entièrement des caractères extérieurs, il a l'avantage de n'avoir rien de théorique.

Les veines lenticulaires ne sont certainement pas formées, comme les veines minérales ordinaires, par l'injection, puisqu'elles sont renfermées dans la roche solide de tous côtés. C'est pourquoi, lorsqu'on les trouve dans des roches stratifiées, comme celles qui n'ont pas été mises en fusion, nous devons les considérer comme étant une matière plus fusible que la roche environnante, de manière à avoir pu être fondues par un degré de chaleur insuffisant pour fondre la roche, et qu'en refroidissant elles ont pris la structure spathique. Quand on les rencontre dans des roches, dont toute la masse a été fluide, elles doivent être regardées comme des parties intégrantes de cette masse, qui se sont unies l'une à l'autre par une attraction élective, et qui se sont séparées des substances avec lesquelles elles avoient moins d'affinité.

Les veines de cette espèce semblent se réunir à celles qu'on appelle, dans le Derbyshire, *veines en tuyaux*, où se trouvent souvent des mines métalliques. Les veines en tuyaux ne sont pas complettement isolées, mais elles communiquent quelquefois avec les veines qu'on appelle minérales. Je suis trop peu familiarisé avec leur histoire naturelle, pour assurer à laquelle de ces deux espèces elles appartiennent.

ne donnant issue à rien autre chose qu'à la chaleur (*a*).

50. On peut citer, comme un effet semblable, ces groupes de cristaux composés de substances les plus différentes, réunis sur le même échantillon, se pressant et s'entrecoupant mutuellement (*b*). Ceci prouve bien que, dans la supposition que ces cristaux aient été originellement en fusion, ils se sont consolidés par la perte de la chaleur (*c*), cause

---

(*a*) Sans parler des espèces de géodes que l'on rencontre partout, j'ai trouvé dans les carrières de pierre calcaire des environs de Compiègne, des globes parfaits, de la grosseur d'une petite savonnette, fixés isolément dans l'intérieur de la roche. L'extérieur est une croûte épaisse de pyrites bien cristallisées. L'intérieur est vide, et tapissé de cristaux de roche. En soumettant ces globes à l'action du feu, ils éclatent, et produisent une détonation forte et dangereuse.

(*Note du Traducteur.*)

(*b*) J'ai trouvé, dans le pays de Galles, et dans l'île d'Anglesey, des ruines de cristaux de roche, renfermées dans les fentes d'un fossile très-dur. Les pointes, ou sommets des cristaux placés dans tous les sens, représentent parfaitement le désordre des épingles enfermées dans un étui trop large, et fortement secoué.

(*Note du Traducteur.*)

(*c*) Ici, notre auteur est de l'opinion de Lucrèce, liv. 5.

» *Quidquid id est, quâcunque è causâ flammeus ardor*
Horribili sonitu sylvas exederat altis
Ab radicibus, et terram percoxerat igni;
Manabat venis ferventibus, in loca terræ
Concava conveniens, argenti rivus et auri,
Æris item et plumbi; quæ cum concreta videbant
Posteriùs claro in terris splendere colore,
Tollebant nitido capti lævique lepore;
Et simili formata videbant esse figurâ,
Atque lacunarum fuerant vestigia cuique;
Tum penetrabat eos posse hæc liquefacta calore.. »

» Quoi qu'il en soit, quelle qu'ait été la cause de l'incendie:

qui a agi sur eux touségalement, et les a forcés également à se cristalliser. Mais les apparences d'une cristallisation simultanée semblent incompatibles avec la nature de la déposition par un dissolvant, où, eu égard à la différence des substances, les effets doivent avoir lieu lentement, et par succession.

51. Les métaux contenus dans les veines dont il est ici question, paroissent très-communément sous la forme d'une substance minéralisée par le soufre. Leur union avec cette dernière substance peut être produite, comme nous le savons, par la chaleur, mais difficilement par la voie de solution dans une menstrue, et jamais, si cette menstrue n'est autre chose que l'eau. Ainsi donc les métaux minéralisés par le soufre ne donnent aucune force à l'hypothèse de la solution par l'eau ; ils lui en donnent encore moins, lorsqu'on les trouve natifs, c'est-à-dire, malléables, purs, et sans combinaison avec d'autres substances. Les grandes masses de fer natif de la Sibérie et de l'Amérique méridionale sont bien connues ; rien certainement ne ressemble moins au produit d'une précipitation

---

quand la flamme pétillante eut dévoré les forêts jusqu'à la racine, et cuit la terre par son ardeur, des ruisseaux d'or et d'argent, d'airain et de plomb, après avoir coulé dans les veines brûlantes du globe, se rassemblèrent dans les cavités ; et, s'y étant durcis et consolidés, on les vit briller au sein de la terre, et on les recueillit avec soin à cause de leur éclat et de leur beauté. On remarque qu'ils avoient la même forme que les cavités d'où on les tiroit. » (*Trad. de Delagrange*).

(*Note du Traducteur.*)

chimique. L'or, le plus parfait des métaux, se rencontre le plus souvent natif, les autres plus rarement, et à peu près dans la proportion de la facilité qu'ils ont de se combiner avec le soufre. On peut affirmer, en toute sûreté, que, si jamais tous ces échantillons de métaux ont été fluides, ou dans un état de mollesse, ce n'a pu être que par l'action de la chaleur; car supposer qu'un métal ait pu se précipiter pur et sans combinaison dans une menstrue quelconque, c'est aller contre toute analogie, et soutenir une impossibilité physique. Mais il est certain que beaucoup de métaux natifs ont été autrefois dans un état de mollesse, parce qu'ils portent sur eux des impressions qu'ils n'auroient pu recevoir sans cette condition. Ainsi l'or reçoit souvent l'empreinte des morceaux de quartz ou d'autres pierres, qui y sont encore adhérens, ou qui y sont enchâssés. On trouve, dans les cabinets des curieux, des morceaux de quartz, traversés par l'or et l'argent en ramifications les plus variées. Ils offrent, dans leur structure, la preuve la plus claire que le métal et le quartz ont été en même temps dans l'état de mollesse, et qu'ils se sont cristallisés en même temps. Par la dureté de la masse qu'ils forment, on peut être également certain que cette solidité n'a été acquise que par la concrétion de tout le volume, et non par cette concrétion partielle qui a lieu lorsqu'un dissolvant se sépare des substances qu'il tenoit en dissolution.

52. Le cuivre natif est très-abondant, et quelques échantillons même ont été trouvés cristallisés (*a*). Ici la cristallisation du métal est une preuve de son passage de l'état fluide à l'état solide, et sa pureté est une autre preuve, qu'il n'a pas subi ce changement par sa précipitation dans une menstrue.

53. De plus, on a trouvé des échantillons de manganèse natif avec les mêmes caractères que ceux qu'ils portent après leur réduction dans nos fourneaux, de manière qu'il est impossible d'attribuer et leur figure et leur solidité à une autre cause qu'à la fusion. L'ingénieux auteur qui décrit ces morceaux, la Peyrouse, a été si étonné de cette ressemblance, que sur-le-champ il en a tiré la même conclusion que nous; en attribuant seulement la différence remarquée entre le régule natif et l'artificiel, à l'énergie différente d'un même agent, lorsqu'il est mis en action par la nature, ou par l'art.

54. Toutes ces apparences concourent à prouver que les matières qui remplissent les veines minérales ont été mélangées par la chaleur, et coulées forcément, en conservant cet état, dans les crevasses et les fentes des strata. Nous devons concevoir que ces fentes se sont élevées, non seulement par les con-

(*a*) J'ai rapporté, de la mine de Paris, dans l'île d'Anglesey, du cuivre natif parfaitement cristallisé, et représentant des épanouissemens de végétation.

(*Note du Traducteur*).

tractions que les strata ont éprouvées lorsqu'ils ont acquis leur dureté et leur solidité, mais encore par le choc violent qui a eu lieu sur eux au moment de leur enlèvement du bas en haut, comme nous l'avons expliqué (*).

55. Ces suppositions une fois admises, les autres faits qui conduisent à l'histoire des veines métalliques seront bientôt expliqués. Ainsi, par exemple, il est évident qu'une des propriétés des fragmens de la roche environnante, est de se trouver souvent enfoncés dans les veines et enchâssés de tous côtés par des substances cristallisées; ces fragmens, ayant été, sans doute, détachés par la commotion qui a brisé en morceaux et élevé les strata, étoient soutenus par la matière en fusion qui couloit dans le même moment du haut à travers les veines. On trouve souvent d'énormes masses de roche complettement isolées de cette manière. Une, entre autres, que M. Deluc a décrite avec beaucoup d'exactitude, n'est qu'un immense segment de montagne (**).

56. La violence étonnante qui a accompagné la formation des veines minérales, est sur-tout remarquable par les *slips* et *shifts* (*a*)

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 68, Journal de Phys. Janvier 1786.
(**) Lettres physiques, etc., tom. 3, pag. 361.

(*a*) Voyez, à la page 120, ce que j'ai dit de ces deux mots. (*Note du Traducteur.*)

sur chaque côté des strata, qui tendent tous à montrer quels changemens ont eu lieu dans ces régions que notre imagination se représente faussement comme la demeure du silence et du repos éternel. Ces interruptions des strata sont plus faciles à observer lorsque les veines coupent transversalement les lits de roche très-inclinés à l'horizon. Là, il est commun de voir, sur un côté de la veine, que les lits se sont séparés des lits correspondans de l'autre côté, et se sont écartés, tantôt dans une direction horizontale, tantôt oblique : de manière que non seulement les lits sont séparés, mais même que les veines qui s'entrecoupent l'une l'autre, sont elles-mêmes interrompues. Elles sont enlevées, comme disent les mineurs, et forcées de quitter leur direction. Il est impossible, dans ce cas, que l'esprit sépare l'idée de la formation de la veine, de l'idée de la production du *slips* qui l'a accompagnée, et qu'il ne regarde pas l'une et l'autre comme des parties du même phénomène.

57. Lorsque ces *slips* sont horizontaux, et qu'ils présentent de grands corps de strata déplacés, tandis que les parties de la masse transportée restent sans dérangement relativement l'une à l'autre, ils donnent une preuve évidente que ce changement n'a pas été produit par la chute de la voûte des cavernes, comme quelques géologues le prétendent. La direction horizontale et la régularité du mouvement sont incompatibles avec l'action

d'une cause telle que celle-ci; et il est du plus grand intérêt de remarquer que, parmi tous ces indices de bouleversement imprimés dans les entrailles de la terre, il y règne une certaine symétrie, un ordre qui indique l'action d'une force immense, mais lente, et graduée dans ses effets. Les parties de la masse déplacée sont dans la même position relativement l'une à l'autre : ce qui a été brisé a été cimenté : les fentes ont été comblées et remplies; et par-tout nous voyons l'opération d'une cause qui peut unir aussi bien que séparer. La double action que produit la chaleur, de dilater et de fondre, pourroit difficilement s'expliquer mieux par aucun autre système fondé sur les apparences.

58. Comme il a fallu, sans doute, une longue période de temps pour l'élévation des strata, leurs fentes ne sont pas de la même date, ni leurs veines de la même formation. Cela est prouvé lorsqu'une veine fait sur une autre un *shift* ou un *slip;* car une veine qui en a déplacé une autre pour conserver sa direction, est certainement la plus récente des deux, et a dû avoir ses matières en pleine activité, tandis que celles des autres étoient fixées et en repos. Quelquefois aussi, à l'intersection de deux veines, nous pouvons suivre le courant des matières de l'une à travers les matières de l'autre; et ici l'ancienneté relative est absolument déterminée comme dans l'exemple précédent.

59. Nous avons déjà remarqué le manque

de toute apparence de stratification dans les veines minérales. Il faut observer cependant, dans les substances qu'elles contiennent, une tendance à une disposition régulière ; celles de la même espèce forment sur les côtés de la veine des enveloppes parallèles, et presque de la même épaisseur. Ce phénomène est considéré comme un des plus forts argumens en faveur du système des Neptunistes, mais il n'a rien absolument d'incompatible avec la théorie qui attribue la formation des veines à l'action de la chaleur souterraine. Lorsque la matière en fusion s'est lancée des régions minérales dans les veines, celle qui étoit le plus proche des côtés, a dû perdre sa chaleur le plus tôt. Les substances semblables aussi ont dû se réunir pendant ce procédé, et se cristalliser, comme dans tous les cas de congélation, en commençant par les côtés, et en finissant par l'intérieur. Il y a d'autant plus de raison pour supposer que la chose a eu lieu de cette manière, que le même effet s'observe souvent dans l'intérieur des cavités fermées, qui sont cependant construites de façon à n'admettre, au dedans d'elles-mêmes, aucun dissolvant chimique (§ 74.). Il faut encore observer que quelques veines ont pu être remplies par des injections successives de matière fondue, ce qui explique naturellement l'origine des incrustations isolées (*).

60. Dans le tableau que nous venons de don-

(*) Voyez des remarques sur ce sujet, dans la note 13.

ner des veines métalliques, nous les avons considérées seulement comme traversant les parties stratifiées du globe. Quelquefois, cependant, elles coupent les parties non stratifiées, particulièrement le granite : souvent la même veine continue sa course à travers des roches de deux espèces, sans souffrir le moindre changement. Si jusqu'à présent nous avons négligé cette circonstance, c'est parce que, pour l'ordre que cet essai demande, nous devions traiter d'abord des veines qui sont en relation avec les corps stratifiés. D'ailleurs, les faits qui concernent l'histoire naturelle des veines contenues dans des roches, stratifiées ou non, se rapprochent tellement, qu'il est important de considérer, dans un aperçu général de géologie, que, quoique les veines métalliques se rencontrent indistinctement dans toutes les différentes espèces de roches, stratifiées ou non, elles sont pourtant plus abondantes dans la classe des schistes primaires. Les contrées les plus remarquables pour leurs mines, et les montagnes que l'on appelle métallifères, sont primaires, et l'exemple du Derbyshire est peut-être l'exception la plus considérable que nous connoissions. La préférence que les métaux semblent donner aux strata primaires, s'accorde très-bien avec la théorie du docteur Hutton, qui nous représente les roches de cet ordre comme ayant éprouvé un déplacement considérable, et comme ayant été soumises le plus souvent à l'énergie incalculable des forces souterraines. Les strata primaires sont les plus bas ; aussi

ont-ils la communication la plus directe avec ces régions d'où les veines minérales tirent toutes leurs richesses.

2. *De la pierre de Whin ou Whinstone.*

61. Outre les veines remplies (XIVe note)

(XIVe note) *Le whinstone.* 89. Aux faits et aux raisonnemens que je viens d'exposer, j'ajouterai dans cette note quelques remarques, pour prouver que le *whinstone* n'a pas une origine volcanique, ni aqueuse, mais certainement ignée.

On a dit, au § 62, que le carbonate de chaux et les zéolithes se trouvoient souvent dans le *whinstone*, mais jamais dans la lave; et que cette circonstance pouvoit servir à faire distinguer cette substance des autres. Quant au carbonate de chaux, en particulier, il paroît évident qu'il ne peut entrer dans la composition originale d'aucunes laves, parce que la même chaleur qui a fondu la lave, auroit chassé l'acide carbonique et produit la chaux vive, par-tout où la pression n'a pas été plus forte que le poids de l'atmosphère. Malgré cela, les roches qui contiennent le carbonate de chaux, ont été prises souvent pour des laves, parce que leurs pores ou cavités renferment des matières calcaires, que l'infiltration de l'eau y a placées, et qui se sont cristallisées en spaths. C'est ainsi que Spallanzani, dans sa description des collines Euganéennes en Lombardie, cite quelques roches, qui, à leur surface, et dans leur intérieur, montrent des bulles d'air de différentes dimensions, depuis celles qui sont à peine visibles, jusqu'à celles qui ont un demi-pouce de diamètre; et qui, dit-il, sont toutes de figure ovale, et portant leur plus long diamètre dans la même direction. Il considère ceci comme une preuve que la roche est une vraie lave; car les bulles d'air prouvent que la pierre a eu sa fluidité par le feu;

de spath et de mines métalliques, les strata sont encore traversés par des veines de *whin-*

---

et, par leur allongement dans la même direction, elles prouvent qu'au moment de la fluidité cette masse étoit aussi en mouvement. Spallanzani ajoute que *plusieurs de ces cavités sont remplies de cristaux de carbonate de chaux, effet de l'infiltration de l'eau* (*).

90. Quoiqu'on puisse admettre ici, comme conclusif, l'argument que nous venons de faire en faveur de l'origine ignée de la roche, on peut encore douter de l'introduction du spath calcaire par l'infiltration. La lave, excepté dans un état de décomposition, n'est pas facilement pénétrée par l'eau; et même, dans ce cas, on peut encore élever des difficultés sur les cavités remplies de spath par le moyen de l'eau qu'on suppose filtrer à travers la substance, § 12. D'ailleurs on trouve fréquemment le *whinstone*, tellement rempli de spath calcaire, ou de zéolithes, qu'en les lui ôtant, il deviendroit poreux au point de ne pouvoir supporter son propre poids, et encore moins celui des grandes masses qui pèsent sur lui. Dans ce cas, il est certain que les substances cristallisées ont fait partie de la composition originale de la roche. La vérité est que l'infiltration de l'eau est une assertion purement gratuite, avancée pour expliquer l'existence du carbonate de chaux dans une pierre qui s'est durcie par l'action de la chaleur; et il faut rejeter cette opinion, si le phénomène peut s'expliquer par une théorie conforme à la nature sous les autres rapports. Le spath donc peut être considéré comme une preuve, que les roches en question doivent être rangées parmi ces laves qui ont coulé dans les entrailles de la terre, et sous une grande force de compression. Le plus probable est donc que les collines Euganéennes, comme quelques-unes de notre propre pays, sont, dans quel-

(*) Voyages dans les Deux-Siciles, tom. 3, pag. 157. Edition de Faujas de Saint-Fond.

stone,

stone, de porphyre et de granite, dont nous allons bientôt examiner les caractères.

Le terme de *whin*, ou *whinstone* d'après le docteur Hutton, ou le mot *trapp* d'après les

---

ques endroits, recouvertes, même à leurs sommets, par des strata plats et calcaires; de sorte que le torrent de pierres fondues, dont elles sont composées, n'a pu couler de la bouche d'un volcan. Je ne prétends pas dire que parmi ces collines il n'y ait point de vestiges d'explosions volcaniques. Je n'ai point de données pour tirer cette conclusion; mais je pense qu'on peut affirmer hardiment que le volume de ces collines n'est pas plus composé de laves volcaniques que les basaltes de Staffa, ou ceux de la chaussée des Géans.

91. Mais, outre l'évidence déduite des spaths calcaires et des zéolithes, contre l'opinion qui soutient que les roches qui les contiennent sont des laves réelles, il existe d'autres indications, moins équivoques peut-être, qui distinguent ces laves, que nous supposons avoir coulé dans les régions minérales, de celles qui ont effectivement coulé à la surface. Ces indications sont, dans la disposition, dans l'organisation, ou, comme on pourroit le dire, dans la géographie physique des contrées de *whinstone*, différentes, sous beaucoup de rapports, des contrées volcaniques. La forme des collines de *whinstone*; leurs terrasses plates et étendues, s'élevant l'une au dessus de l'autre; leurs faces perpendiculaires, et la correspondance de leur hauteur, même à des distances considérables, n'ont aucune ressemblance avec ces torrens irréguliers de laves volcaniques. Les phénomènes du *whinstone* sont sur une échelle beaucoup plus grande que ceux des laves volcaniques, et démontrent clairement que, quoique les uns et les autres soient des productions du feu, le feu a agi dans des circonstances et par des lois très-différentes. La structure de ces deux espèces de roches et leur analyse chimique s'accordent sous quelques rapports; mais leurs dispositions et leur

minéralogistes allemands, dénote une classe de pierres qui se compose d'espèces diffé-

---

arrangement sont si dissemblables, qu'il est impossible de leur supposer la même formation.

92. Cette opinion a été, je pense, mise en avant, pour la première fois, par M. Strange, dans une lettre à sir John Pringle, publiée dans le 65e volume des Transactions philosophiques (*). Ce judicieux observateur, après avoir visité les contrées de l'Europe les plus remarquables, soit sous le rapport du feu, soit sous celui des prétendus volcans éteints, après les avoir examinées avec un œil attentif, est resté convaincu qu'il existe deux espèces de roches distinctes qui doivent leur origine au feu, mais à un feu qui a agi dans des circonstances et dans des situations très-différentes. La première est la lave ordinaire volcanique; l'autre, qu'il nomme *roche basaltique*, comprend celle de la chaussée des Géans, les basaltes du Vivarais, les collines Euganéennes, etc., qui ne diffère en rien de ce que nous appelons ici *whinstone*. M. Strange a bien conçu que ni l'une ni l'autre espèce ne pouvoient venir d'une déposition aqueuse, et a été conduit à la distinction en question, en observant l'organisation et l'arrangement des roches de la seconde espèce, et en les comparant au désordre et aux ruines marqués par-tout où le feu volcanique a passé. Il ne prétend point déterminer la nature du feu qui a produit la roche basaltique, ni les circonstances qui ont accompagné son action; il se contente de nier qu'elle soit volcanique. Sa lettre offre un exemple de ce qui est peut-être rare dans toutes les sciences, et certainement plus rare dans la géologie; c'est une induction philosophique portée aussi loin que les faits peuvent le permettre, mais pas un seul point au-delà.

93. Les autres détails de cette lettre sont très-instructifs; car nous y trouvons, non seulement la formation

(*) Description de deux chaussées des Géans dans les Etats de Venise, etc. Par John Strange, Esq.; Trans. phil. vol. 65 (1775), pag. 5, etc.

rentes, ou au moins de variétés. Le *basalte* commun, le *wacken*, *mullen*, et le *crag* de

---

des roches basaltiques par le feu, quoique sans volcan, mais aussi leur cristallisation simultanée (*), avec la présomption que le granite et le basalte sont de la même origine (**). Aucun minéralogiste, je pense, n'avoit eu ces opinions, excepté le docteur Hutton ; encore ne les avoit-il communiquées qu'à quelques-uns de ses plus intimes amis ; de sorte que M. Strange a, sans aucun doute, le mérite de la première découverte. Certainement, sans la connoissance du principe de la compression, telle que l'a établie le docteur Hutton, il lui eût été à peine possible d'aller aussi loin qu'il l'a fait. Il a remarqué la pierre de chaux non brûlée, qui est sur le sommet de quelques-uns des basaltes Euganéens, et il semble avoir évité la grande difficulté, que la théorie seule de Hutton pouvoit résoudre. Sa lettre renferme aussi d'excellentes remarques générales sur les roches du Vivarais et du Vélai, pays qu'il a visités avant que Faujas de Saint-Fond en eût publié la description curieuse et soignée.

94. Par la théorie Huttonienne on connoît facilement la cause de la structure particulière qui conduit à distinguer les contrées de *whinstone* des contrées volcaniques. Suivant cette théorie, les roches de *whinstone* ont été formées dans les entrailles de la terre d'une matière fondue, qui s'est insinuée dans les crevasses et les ouvertures des strata. Elles ont été jetées, dans ces ouvertures, comme dans un moule, et ont reçu l'impression et le caractère des roches qui les environnoient. De là ces masses tabulaires de *whinstone*, qui, dans leur état de mollesse, interposées dans les strata comprimées par leur poids, ont acquis elles-mêmes l'apparence de la stratification. De là ces faces perpendiculaires des mêmes roches, terminées brusquement, pendant leur

(*) Trans. phil. *ubi suprà*, pag. 17.
(**) *Ibid.* pag. 36 et 37.

Kirwan, le *grünstein* de Werner, et *l'amygdaloïde*, sont compris sous le nom de *whin*.

---

mollesse, par les côtés des strata. Les roches qui formoient ces moules ont disparu entièrement dans beaucoup de cas; dans d'autres, une partie reste encore, à l'entour et au dessus des basaltes, comme dans les collines Euganéennes, dans celles du Val-di-Noto, en Sicile, dans les roches des environs de Lisbonne (*), et dans différentes parties de la Grande-Bretagne.

Les veines de *whinstone*, qui entrecoupent les strata sont sur-tout les preuves les plus complettes en faveur de la théorie en question; et les plus opposées, sous tous les rapports, à l'hypothèse de leur origine volcanique.

95. Si on applique ces indications à ce qu'on appelle *volcans éteints*, je ne doute pas qu'un grand nombre ne soient reconnus comme tirant leur origine directement du feu des régions minérales. Je suis persuadé que les roches basaltiques du Vivarais sont de ce nombre; et je le conclus non seulement de la description de M. Strange, mais encore de celle de Faujas lui-même, qui, quoique influencé par la théorie opposée, semble nous donner des phénomènes un tableau soigné et exact. La meilleure preuve, qu'une roche est réellement un *whinstone*, et d'une formation minérale dans le sens le plus strict, c'est quand les veines de cette espèce de roche entrecoupent les strata. Dans une lettre adressée à Buffon, au sujet d'un courant de lave trouvé dans l'intérieur de certaines roches calcaires du bas Vivarais, Faujas ne décrit rien autre chose qu'une veine ou couche de *whinstone*, accompagnée de toutes ses apparences caractéristiques les plus fortes. « Figurez-vous un courant de lave, de la nature du basalte noir, dur et compacte, qui a percé à travers les masses calcaires, et s'est fait jour dans quelques parties, parois-

(*) Recherches sur les volcans éteints du Vivarais; lettre de Dolomieu, pag. 153.

Toutes ces pierres ont une tendance à la structure spathique, et font voir au moins

---

sant et disparoissant alternativement ; cette coulée de matière volcanique s'enfonce sous une partie de la ville, bâtie sur le rocher; elle reparoît dans la cave d'un maréchal, se cache et se montre encore de temps en temps en descendant dans le vallon, etc. Ce qu'il y a d'admirable, c'est que la lave forme deux branches bien extraordinaires, dont l'une s'élève sur la crète du rocher, tandis que l'autre coupe horizontalement de grands bancs calcaires escarpés, qui sont à découvert et bordent le chemin.

Quels efforts n'a-t-il pas fallu pour forcer cette lave de prendre une telle direction, et de percer cette suite de roches calcaires ? Si cette longue coulée avoit eu 200 ou 300 toises de largeur, je ne serois pas surpris qu'un torrent de matière en fusion de ce volume eût pu produire des effets extraordinaires et violens ; *mais figurez-vous, monsieur, que, dans les endroits les plus larges, elle n'a tout au plus qu'environ douze ou quinze pieds ; elle n'en a que trois ou quatre dans certaines parties* (*). »

Ce courant s'étend à travers les strata dans l'espace de plus d'une lieue et demie ; et le tout a paru si merveilleux à Faujas, qu'il affirme avoir eu de la peine à en croire ses sens. Il auroit mieux fait de mettre en doute les conclusions de sa théorie ; car c'est à elles qu'il doit tout le merveilleux de ces phénomènes incroyables, puisqu'il regarde ce qu'il vient de décrire comme un courant de lave fondue, venu du sommet de la montagne, qui a remonté les côtés opposés, comme l'eau dans un conduit, et traversé de vastes masses de roches solides; il n'est pas surprenant qu'il prenne pour des miracles ce qui est physiquement impossible. Si les principes de sa théorie volcanique lui avoient permis de voir dans tout ceci, non un courant superficiel, mais

(*) Volcans éteints du Vivarais, pag. 328, etc.

des indices de cristallisation. Elles sont, en même temps, sans la moindre marque de stra-

---

d'une profondeur indéfinie, il auroit admiré l'objet dépouillé, non de ce qu'il avoit de curieux et d'intéressant, mais de ce qui devoit le rendre incroyable et absurde, et l'auroit rangé dans la même classe que les veines minérales. Quiconque a étudié la nature et la position des roches basaltiques par d'autres moyens que par la théorie volcanique, ne peut douter que cette prétendue lave ne soit réellement une veine ou couche de *whinstone*, qui entrecoupe les strata à une profondeur inconnue, et qui, très-probablement, comme les autres veines, communique avec les régions minérales. Les ramifications qui s'échappent de cette veine pour entrer dans les roches calcaires, et que Faujas regarde comme placées là pour embarrasser les minéralogistes, sont les apparences connues et caractéristiques des veines basaltiques.

96. On peut difficilement révoquer en doute, que la lave décrite par le même auteur, comme soulevant une masse de granite (*), dont elle contient quelques morceaux, ne soit réellement une roche de *whinstone*. On peut en dire autant de beaucoup d'autres; et, quoique je ne prétende point affirmer que le Vivarais n'ait rien de volcanique, je dois dire que sa description n'offre rien de positivement volcanique, mais beaucoup de choses d'une origine toute différente.

Dans l'état actuel de la science géologique, un minéralogiste intelligent pourroit tirer de son temps un meilleur emploi, que celui de traverser ces contrées embarrassantes, où tant de choses sont attribuées à l'antique opération d'un feu volcanique, en observant ce qui appartient clairement aux laves d'éruption, ou à celles qui ont simplement coulé, et quelles sont les parties d'une formation douteuse, sans indication qui les

(*) Volcans éteints du Vivarais, fol. pag. 365, etc.

tification dans leur structure intérieure, comme sur leur configuration extérieure; et,

---

range plutôt dans une classe que dans une autre. Un travail de cette espèce contribueroit beaucoup à étendre la science de l'histoire naturelle de la terre.

97. Un des plus ingénieux essais faits pour confirmer la théorie volcanique, est le système des *volcans sous-marins*, imaginé par le célèbre minéralogiste Dolomieu. Le phénomène qui l'a conduit à cette hypothèse est celui qu'il a observé dans les collines des environs de Lisbonne, et sur-tout dans celles du Val-di-Noto, en Sicile, où les roches basaltiques avoient des couches régulières posées sur elles, et dans quelques cas, interposées et alternant ensemble (*). D'après cela, il paroissoit évident que les couches étoient d'une formation plus récente que la pierre qui leur servoit de base; et comme, dans chaque hypothèse, il faut soutenir qu'elles ont été déposées par l'eau, on a conclu que les laves qu'elles recouvroient avoient été vomies par les volcans du fond de la mer; qu'ensuite les strata avoient été déposés sur ces laves; et que, dans quelques localités, ces alternations d'éruptions et de dépôts ont été fréquentes (**).

98. Outre que cette hypothèse ne sauve pas le système des volcanistes d'une grande difficulté, elle est elle-même exposée à des objections victorieuses. Je ne citerai que les principales:

1°. Les strata réguliers et parallèles que nous voyons souvent recouvrir le sommet des roches de *whinstone*

(*) Memoire de Déodate de Dolomieu, sur les volcans éteints du Val-di-Noto en Sicile. (Journal de phys. tom. 25 (1784. Septemb.), pag. 191.)

(**) Près Vizini, dans le Val-di-Noto, Dolomieu dit qu'il a compté onze lits, alternativement calcaires et volcaniques, dans le plan perpendiculaire d'une colline, qui, dans l'éloignement convenable, ressembloit à une pièce de drap, liseré de noir et de blanc. Dans un autre endroit, il a vu plus de vingt de ces alternations. Depuis, il a fait des observations semblables dans le Vicentin et dans le Tyrol. (Journ. de phys. t. 37 (1790), part. 2, pag. 200.

comme les espèces dont nous venons de pa
composent souvent les parties d'une m

---

ou de basalte, n'ont pu être déposés dans la situ
oblique et très-inclinée qu'ils ont à présent.

Cela est sur-tout remarquable dans le lit qui c
la roche basaltique de Salisbury *Craiq*, près d'E
bourg, à son extrémité septentrionale. Les lits sont
réguliers, et ont dû être déposés sur un plan pre
horizontal; de plus, la surface des basaltes, sur laq
ils reposent maintenant, est très-inclinée, et s'en
rapidement vers le N. E. La nécessité d'une dépo
horizontale, qui ne l'est plus aujourd'hui, pour
strata qui ont leurs plans presque parallèles les un
autres, a été prouvée au § 38.

2°. Quand il y aurait quelque vérité dans les
cipes établis ci-dessus, encore les strata eux-m
n'ont pu être consolidés sans l'action du feu. P
système de Dolomieu, la consolidation des strat
recouvrent les basaltes n'est point expliquée.

3°. Dans cette hypothèse de volcans soumari
n'existe pas de moyens d'élever le basalte, et les
ches qui le couvrent, au dessus du niveau de la m
on dit que les eaux de la mer ont disparu, alors o
tombe dans les objections du § 37 (*). Si on dit q
roches elles-mêmes ont été élevées par une force v
d'en bas, je soutiens que l'existence d'une telle f
une fois admise, fournit d'autres moyens d'expli
tout le phénomène, c'est-à-dire, celui de l'inje
d'une matière fondue dans les strata, le même do
se sert dans la théorie Huttonienne.

4°. Les phénomènes des veines basaltiques ne
nullement expliqués par l'hypothèse des volcans
marins. Cette hypothèse donc, même en écartan
objections précédentes, ne peut rendre raison de

(*) Dolomieu suppose, et pense que la surface de la mer a été au
500 ou 600 toises au-dessus de son niveau actuel. *Ibid.* pag. 196.

roche continue, et que le changement de l'une à l'autre s'opère par une suite insensible de

---

les faits qui concernent les roches de ce genre, et manque, par les conséquences, d'un des caractères les plus importans de toute théorie. Je dois cependant avouer que cette opinion se rapproche beaucoup d'une théorie, et que les volcans soumarins de Dolomieu ont une grande ressemblance avec les laves sans éruption du docteur Hutton.

99. Quoique j'aie tâché, dans ces remarques, d'exposer les erreurs du système volcanique, je ne puis m'empêcher de considérer ce système comme se rapprochant beaucoup plus près de la vérité que celui des Neptunistes. Il a le mérite de distinguer un ordre de roches qui ne portent aucune marque de formation aqueuse, et où toute structure cristallisée, spathique, ou semblable à la lave, annonce leur ancienne fluidité, et rapporte leur origine au feu. Le système Neptunien, d'un autre côté, s'efforce de confondre les distinctions les plus marquées dans le règne minéral, et d'expliquer, par l'opération du même élément, la formation des roches stratifiées et non stratifiées. En dépit de cette inconséquence, ce système de géologie est devenu dominant; et les argumens qui l'appuyent méritent quelque attention.

100. Sans doute, on trouvera singulier, que le même minéralogiste qui vient de plaider la cause du système volcanique avec tant d'ingénuité, paroisse maintenant aussi favorable au système Neptunien. Quoique Dolomieu donne à quelques roches basaltiques une origine volcanique, il n'admet pas que tout basalte soit volcanique, ni même de formation ignée. Il avoue donc qu'il a examiné à Rome quelques-uns des plus anciens monumens des arts, exécutés en basaltes apportés de la Haute-Egypte, et qu'il n'a jamais pu y découvrir aucune marque de l'action du feu (*). Au contraire, il a trouvé

(*) Journal de phys. tom. 37 (1790), part. 2, pag. 193.

gradations, elles peuvent être regardées par les géologues comme appartenant au même *genre*.

---

que, dans quelques-uns de ces basaltes, ceux de couleur verte prenoient une teinte de bronze, lorsqu'on les exposoit à une chaleur modérée: d'où il conclut que jamais ils n'ont pu être soumis à une forte action du feu.

La réponse à cet argument est toute simple, si nous admettons les effets attribués par le docteur Hutton à la compression qui a eu lieu nécessairement dans les régions minérales. Certainement, si dans ces régions la chaleur a été exactement la même que celle de nos feux à la surface, il ne sera pas aisé de combattre la conclusion ci-dessus donnée, et qui est bien contre l'origine volcanique des basaltes égyptiens. Mais il n'y a point de raison pour que, sous une aussi forte compression, la matière colorante de ces pierres ne soit pas fixée d'une manière indestructible par la chaleur, quoiqu'elle puisse être cristallisée, volatilisée, si cette compression n'existe pas. Cet argument alors est contre le système volcanique, mais non contre ce qu'on appelle la formation *plutonique* des basaltes.

Quant aux marques de feu, que Dolomieu a cherchées, et qu'il n'a point trouvées dans ces pierres, nous ne savons pas précisément en quoi elles devoient consister. Si la texture cristalline ou spathique, qui appartient à la description de ces pierres, n'existoit pas, ces morceaux ne devoient point être regardés comme des basaltes réels, ou un genre de *whinstone*, quelque indication qu'ait pu donner leur nom ou leur histoire. Si effectivement ils avoient cette texture, ils ont offert cette apparence d'origine ignée, qui leur appartient, et qu'on suppose qu'ils ont reçue dans les entrailles de la terre. Ainsi, rien dans les observations de ce minéralogiste ingénieux n'est en contradiction avec la théorie des roches basaltiques que nous avons donnée.

101. Bergman avoit raisonné de même auparavant

62. Quoique le whirl ne soit point stratifié, on le rencontre sous deux aspects différens,

---

sur le même sujet, mais dans des circonstances plus favorables, puisque les pierres d'où il tire son argument étoient dans leur site natal. « Le trapp, dit ce savant auteur (c'est-à-dire, le *whinstone*), se trouve en montagnes stratifiées dans le West-Gothland d'une manière qui mérite d'être rapportée. Le plus bas stratum, qui a plusieurs milles suédois de circuit (10 $\frac{1}{2}$ de ces milles font un degré), est une pierre sablonneuse, horizontale, posée sur le granite, et ayant ses particules cimentées par l'argile. Le lit au dessus est calcaire, rempli de pétrifications d'animaux marins; et plus haut est le trapp. Ces trois espèces de roches composent la majeure partie de ces montagnes, quoiqu'il s'y rencontre quelques autres lits très-minces de marne et d'argile, qui séparent la couche du milieu de celle de dessus et de celle de dessous, et qui souvent sont imprégnés de bitume qui brûle dans le feu. Ce schiste est noir; par la combustion il devient rouge; et, lavé ensuite à l'eau, il donne de l'alun. Comment peut-on supposer, ajoute-t-il, que le trapp ait subi la violence du feu, tandis que le schiste sur lequel il repose conserve sa couleur noire, qu'il perd par l'action même d'un feu très-foible (*)? »

La réponse à cet argument est déjà faite. Le raisonnement, comme plus haut, conclut seulement contre l'action du feu volcanique, ou du feu à la surface, mais non contre l'action de l'excessive chaleur dans les entrailles de la terre, et sous la pression de tout l'Océan. Dans une pareille situation, le schiste bitumineux a pu être en contact avec le basalte fondu, sans qu'il y ait eu ni évaporation des parties volatiles, ni combustion des parties inflammables. Il n'arrive cependant pas toujours que les substances bitumineuses, ou les substances altérables par le feu, en contact avec le basalte, soient

(*) Bergman, *de productis volcaniis opuscula*, tom. 3, pag. 214, etc.

ou en veines (appelées, en Ecosse, *dykes*) traversant les strata comme les autres veines;

---

sans indications de l'action du feu. Nous avons donné au § 30, des exemples de ces apparences; nous en donnerons davantage à la fin de cette note.

102. Le même minéralogiste trouve un autre argument pour la formation aqueuse du whin ou du trapp, dans l'existence de cette pierre, en forme de veines, renfermées dans la roche primaire: « *Invenitur hoc saxum* (trapp) *in Sueciæ pluribus locis, sæpè que in montibus primævis, angustas implens venas, adeo subtilis structuræ, ut particulæ sint impalpabiles, et dum niger est, genuinum efficit lapidem Lydium In hisce montibus, nulla adsunt ignis subterrane vestigia* (*). »

Ce phénomène, c'est-à-dire, une veine de *whinston* compacte, qui traverse une roche primaire, est aussi peu susceptible d'explication par l'opération d'un volcan, que par celle d'une déposition aqueuse. Voilà cependant la preuve la plus complette de la mollesse originale de la substance qui compose la veine, et un de argumens les plus forts en faveur de l'opération du feu telle qu'on la suppose dans cette théorie. Les principaux argumens donc qui ont été proposés comme subversifs de l'origine ignée des basaltes, ne sont subversif que de leur formation par une modification du feu; je veux dire, du feu qui agit près de la surface. Ainsi la lance qui perce l'armure du volcaniste, se brise aisément contre la force supérieure de la cotte-de-maill *plutonique*.

103. Nous devons au plus fort protecteur du système Neptunien, un argument fondé sur des faits semblable à quelques-uns de ceux que nous avons cités, e qui conduit à la même conclusion. Werner, dans se

(*) *Opuscula, ubi suprà.*

ou en masses irrégulières, placées sur les strata, ou interposées quelquefois entre eux.

---

observations sur les roches volcaniques et sur les basaltes, a tiré sa preuve de la formation aqueuse des derniers, de leur interposition avec les lits de pierres dans les montagnes régulièrement stratifiées, et conséquemment formées par l'eau. Il prend pour exemple la colline basaltique de *Scheibenberg;* et les faits, quoique la plupart fort ordinaires, méritent une grande attention. Près du sommet de cette colline, et au dessus de la roche basaltique qui en forme la masse, dit-il, il y avoit une sablière, circonstance qui lui paroît comme extraordinaire. Ce fut cependant au pied de cette colline qu'il rencontra les apparences qui l'ont déterminé à donner la notice suivante : « Combien je fus surpris de voir, en arrivant au fond, un épais *banc de sable quartzeux*, puis au dessus une *couche d'argile*, enfin, une couche de la pierre argileuse, nommée *wacke*, et sur celle-ci le *basalte!* Quand je vis les trois premières couches s'enfoncer *presque horizontalement sous le basalte*, et former ainsi *la base;* le sable devenir plus fin au dessus, puis argileux, et se changer enfin en vraie argile, comme l'argile se convertissoit en wacke dans sa partie supérieure; et finalement la wacke en basalte: en un mot, combien je fus surpris de trouver ici une *transition parfaite* du *sable pur* au *sable argileux*, de celui-ci à l'*argile sablonneuse*, et de l'*argile sablonneuse*, par plusieurs gradations, à l'*argile grasse*, à la *wacke*, et enfin au *basalte!*

A cette vue, je fus sur-le-champ et irrésistiblement entraîné à penser (comme l'auroit été sans doute tout connoisseur impartial, frappé des conséquences de ce phénomène), que ce *basalte*, cette *wacke*, cette *argile* et ce *sable*, *sont d'une seule et même formation;* qu'ils sont tous l'effet d'une *précipitation par voie humide* dans une seule et même submersion de cette contrée; et que les eaux qui la couvroient alors transportoient

Sous ces deux formes, le *whinstone* a presque les mêmes caractères, et porte dans toutes

---

d'abord le *sable*, puis déposoient l'*argile*, et changeoient peu à peu leur précipitation en *wacke*, et enfin en vrai *basalte* (*). »

D'abord, quant au sable du haut de la colline, c'est très-probablement un reste de strata de pierres de sable, qui couvroient autrefois la partie basaltique, et qui sont maintenant détruits. C'est pourquoi nous regardons ce fait comme un exemple des roches basaltiques, interposées dans les strata qui sont décidément d'origine marine. Malgré cela, il n'y a encore rien là de contradictoire avec la théorie du docteur Hutton sur les basaltes; au contraire, ce fait est un de ceux sur lesquels il a fondé principalement sa théorie. A la vérité, quelques minéralogistes ont avancé que des corps ainsi contigus doivent leur origine au même élément, et qu'une substance minérale ne peut être d'une formation plus récente que celle qui est posée sur elle. Mais l'opinion qui veut qu'un fossile soit de la même origine que ceux qui l'entourent, n'est pas soutenable, à moins de supposer dans les deux une ressemblance réelle de structure. C'est ce manque de ressemblance, par exemple, qui nous autorise à donner des périodes différentes de formation aux veines minérales, ainsi qu'aux roches qui les renferment.

Dans une suite de strata, il n'y a point de doute que les plus bas n'aient éte les premiers formés, et les autres dans l'ordre de leur position; mais, lorsqu'entre des strata de pierres de sable et de pierres de chaux, nous trouvons une roche intermédiaire, assez différente pour ne pas ressembler à la lave, et n'ayant rien de schisteux, ni de stratifié dans sa composition, on ne peut supposer que le même instrument ait été employé pour former l'une et l'autre; nous ne pouvons non plus rai-

(*) Journal de phys. tom. 51 (1798), part. 1, pag. 415.

ses variétés une ressemblance remarquable avec les laves qui ont coulé des volcans sur

---

sonnablement supposer que ce corps intermédiaire ait été placé entre les deux autres, par quelque action subséquente à leur formation. C'est ainsi que Dolomieu, lorsqu'il a vu une espèce de lave interposée entre deux strata calcaires, dans le Val-di-Noto, a conclu que, quoique contiguës, ces deux roches ne pouvoient pas être de la même formation ; jusqu'ici au moins est-il certain que tout observateur sans préjugés doit s'accorder avec lui.

104. Mais la circonstance sur laquelle M. Werner semble se fonder le plus, est la transition graduelle du sable au basalte, à travers la marche intermédiaire de l'argile et de la wacke ; il considère cette transition graduelle comme une preuve directe, qu'ils sont de la même formation.

Une transition graduelle d'un corps dans un autre n'a vraiment lieu que lorsqu'il est impossible de déterminer leurs limites communes, ou bien la ligne où l'un commence et où l'autre finit. Maintenant, en admettant cette notion de la transition graduelle, je dois dire, qu'après l'examen le plus sérieux, je n'ai jamais vu le cas d'une semblable transition entre le *whinstone* et les strata contigus. La *ligne* de séparation, quoique moins évidente dans certaines circonstances que dans d'autres, est toujours marquée sur l'ensemble avec une grande précision ; et quoique les pierres soient étroitement réunies, ou, comme on dit, attachées l'une à l'autre, cependant, par une fracture fraîche, il est rare qu'on ne puisse distinguer les parties stratifiées de celles qui ne le sont pas. La fracture nouvelle est effectivement souvent nécessaire pour quelques espèces de *whinstone*, qui, par la décomposition, n'offrent à l'extérieur qu'une texture granulée, et qu'on peut confondre avec la véritable pierre de sable.

Quelques espèces de schistes primaires, celles sur-tout

la surface de la terre. Cette ressemblance est si grande, que ces deux substances ont sou-

vent

---

qui contiennent de l'argile, lorsqu'elles sont devenues très-dures, ont, dans leur structure, beaucoup de ressemblance avec le *whinstone :* elles sont très-granulées, lamelleuses, et tendent à la forme spathique. Lorsqu'il arrive que cette sorte de schiste et le *whinstone* sont contigus, on doit s'attendre à reconnoître difficilement leur séparation; et dans bien des cas elle est imperceptible. Cependant, si on augmente son attention; si on éloigne les effets des causes accidentelles, et sur-tout si on compare les exemples douteux avec les exemples décisifs qui les interprètent; alors, quoiqu'il puisse rester quelque doute sur un échantillon particulier, on n'aura pas la moindre incertitude par rapport à la roche entière.

105. Ce fait, que j'ai établi sur une meilleure autorité que celle de mes propres observations, celle du docteur Hutton, n'est pas absolument sans exceptions. La théorie que nous avons donnée ici du *whinstone* nous engage même à rechercher quelques-unes de ces exceptions. Il est certain que la base du *whinstone*, ou la matière sous laquelle elle a été préparée par l'action de la chaleur souterraine, est l'argile dans un état quelconque, et probablement dans celui de schiste argileux. Il suit donc que le schiste argileux peut être converti en *whinstone* par la chaleur. Ainsi, lorsque le *whinstone* en fusion a coulé sur une roche de schiste, par sa chaleur il a pu convertir une partie de cette roche en une pierre qui lui ressemble, et peut maintenant nous paroître réuni, par une gradation insensible, au stratum sur lequel il repose : on doit s'attendre à des phénomènes de cette espèce, quoique rarement, puisque pour les produire il faut nécessairement une combinaison de circonstances toutes particulières. De là il est évident que des pierres peuvent se confondre graduellement l'une dans l'autre, sans être de la même formation ; et

vent été prises l'une pour l'autre; et beaucoup de roches, que des minéralogistes peu obser-

---

qu'il est faux de conclure, de la transition insensible d'une espèce de roche dans une autre, sans aucune autre circonstance d'affinité, qu'elles ont la même origine.

Je suis tout prêt cependant à admettre quelques restrictions sur ce que j'ai dit au § 72, où j'ai avoué mon entière incrédulité sur les transitions en question. Le grand mérite et l'expérience du minéralogiste qui a décrit les strata de Scheibenberg, ne nous permettent pas de douter de son exactitude, quoiqu'on puisse supposer que les apparences dont il parle soient le résultat de la décomposition et de la destruction. Le plus sûr moyen est de prendre les observations de M. Werner, telles qu'il nous les donne, et d'essayer si on ne peut pas les expliquer sans le secours de sa théorie. En effet, la wacke qu'il décrit repose, à ce qu'il semble, sur un lit d'argile; et on peut supposer qu'une partie de ce lit a été changée en wacke par la chaleur de la masse qui pesoit sur elle, et a produit ainsi cette gradation apparente d'une substance dans une autre. Comme les apparences des roches de Scheibenberg semblent être considérées par Werner comme une confirmation inattendue et décisive de son système, je ne puis m'empêcher de croire qu'une explication de ces mêmes apparences, déduite naturellement des principes du docteur Hutton, ne contribue beaucoup à étendre, sur tous les phénomènes de la géologie, l'empire de ces mêmes principes.

106. Un autre fait, sur lequel on s'est beaucoup appuyé, dans ces derniers temps, comme preuve de la formation aqueuse des roches basaltiques, ce sont les coquilles qu'elles renferment. Cependant je pense qu'on peut douter de la réalité du fait, ou au moins des exemples cités. Les échantillons des prétendus basaltes qui renferment des coquilles, sur lesquels on se fonde le plus, se trouvent à Portrush, en Irlande, promontoire

vateurs avoient jugées être des restes de volcans éteints, ont été trouvées, après un plus mûr examen, n'être rien autre chose que des

---

de roches à l'ouest de la chaussée des Géans, qui en est séparée par un corps de strata calcaires très-considérable. On a apporté à Edimbourg, il y a environ un an, quelques-uns de ces morceaux, et on les a supposés, je pense, contenir une preuve incontestable de l'origine Neptunienne du promontoire basaltique en question. Accompagné de lord Webb Seymour et de sir James Hall, je suis allé voir ces échantillons; et, après un examen très-attentif, nous avons été tous trois de l'opinion, que ces pierres, qui contenoient des coquilles ou leurs impressions, n'étoient point des basaltes réels. Elles étoient toutes très-compactes, et elles avoient une apparence plus ou moins siliceuse, telle que celle du Chert; elles n'avoient rien de la structure spathique ou cristalline; leur fracture étoit conchoïde et presque polie. Dans deux de ces morceaux, dont un offroit l'impression d'une corne d'ammon, on pouvoit très-bien distinguer la texture schisteuse. Un autre morceau, mais qui ne contenoit point de coquilles, a très-bien servi à expliquer la relation qui existe entre ces pierres et le vrai basalte. Une partie étoit véritablement basalte, et le reste une espèce de pierre de corne, exactement la même que celle où se trouvoient les coquilles, et ressemblant au jaspe qui est dessous le *whinstone* de Salisbury *Craiq*, et en contact avec lui; de sorte qu'il est évident, après tout, que la roche qui renferme les coquilles, est le schiste ou la pierre stratifiée qui sert de base aux basaltes, et qui a acquis un grand degré de dureté par le voisinage de la grande masse de *whinstone* en fusion. Depuis, le docteur Hope, par des observations faites sur les lieux, a confirmé la solution de cette difficulté. Il a découvert deux ou trois roches basaltiques, alternant avec les lits de schiste où se trouvent des coquilles.

107. Ceci explique aussi quelques observations de

masses ou des veines de *whinstone*. Cette dernière pierre ne peut être vraiment distinguée de la première que par un examen

Spallanzani faites dans l'île de Cérigo, sur la côte de la Grèce, la Cythère des anciens (*). La base de cette île est de pierre calcaire, mais elle est riche aussi en roches stratifiées, que les naturalistes italiens supposent d'origine volcanique; mais qui, si je ne me trompe, ne sont que le *whinstone* ou le porphyre, et contiennent des coquilles d'huîtres, et des pectinites d'une grande dimension très-bien minéralisées. Ces pétrifications, cependant, ne sont pas dans la lave coulée, nous dit Spallanzani, mais dans les pierres qui n'ont subi que la plus légère action du feu. Sans le commentaire que nous avons donné sur les échantillons de Portrush, il eût été difficile de se faire une idée précise de cette description. Mais, d'après l'instruction prise sur ces morceaux, nous pouvons conclure que la condition de leurs coquilles et de celles des roches de Cérigo, est exactement la même; et que, dans les deux cas, les coquilles sont enfermées dans les parties de la roche qui est réellement stratifiée; mais qui, en quelque sorte, a été assimilée au basalte, par la chaleur qu'elles ont endurée. Si Spallanzani avoit eu à décrire les coquilles pétrifiées de Portrush, il se seroit servi probablement des mêmes expressions qu'il a employées, en parlant de Cérigo.

108. Dans les exemples que nous venons de citer, les pétrifications marines ne sont point trouvées dans le *whinstone* réel; mais quand cela seroit, si le *whinstone* ne fait que la bordure de la roche stratifiée qui contient ces objets marins, la chose n'est pas surprenante, et ne fait point un argument contre la consolidation ignée de la pierre. Si un torrent de matière fondue est précipité parmi les strata, par une force qui en même temps les brise et les bouleverse, il n'y a rien de plus naturel

(*) Journal de phys. tom. 48 (1798), pag. 278.

sérieux des caractères intérieurs de chacune, et sur-tout en tenant compte de cette circons-

---

que de voir, dans cette matière, des fragmens de ces strata, et les objets qui leur sont particuliers.

C'est ce qui semble être arrivé dans la circonstance mentionnée par M. Strange. Dans le pays de Vérone, remarquable par un mélange de strata calcaires, remplis d'objets marins et de collines volcaniques ou basaltiques, il assure avoir vu une masse de pierre, qui évidemment ne doit sa concrétion qu'à la fusion, dans laquelle des corps fossiles autrefois marins, contenus dans les strata, étoient très-aisés à distinguer, quoique défigurés de mille manières (*). Il est possible qu'ici, comme plus haut, ce ne soit pas des basaltes véritables ou des laves qui contiennent les coquilles, mais des roches qui viennent y aboutir; mais, en supposant encore le fait, tel que nous le représente M. Strange, il n'y a point de contradiction entre le phénomène et l'origine ignée d'une roche qui renferme des coquilles. Il faut remarquer ici, en outre, qu'il faut absolument admettre l'action d'une grande pression, pour empêcher les coquilles de se transformer en chaux vive; et que le phénomène de ces pétrifications basaltiques exige l'application d'une chaleur très-profonde placée sous la surface de la terre.

109. Tous les phénomènes que nous avons examinés ont été choisis comme les plus défavorables à l'origine ignée des roches basaltiques; et, après un examen sérieux, nous avons vu qu'ils ne lui sont pas du tout contradictoires. Jetons maintenant les yeux sur quelques apparences, qui semblent inconciliables avec la formation aqueuse de ces roches.

Lorsque les roches de *whinstone* sont trouvées en masses, terminées par les strata, et isolées au milieu d'eux, elles jettent le système Neptunien dans de grandes difficultés. Car, en supposant vrai que cette pierre

(*) Trans. phil. 1775, pag. 25.

tance, que le *whinstone* contient souvent des spaths calcaires et des zéolithes, tandis

---

puisse être le produit de la précipitation et de la cristallisation des substances minérales dissoutes dans l'eau, encore paroît-il bizarre que cet effet ait été assez local et assez limité dans son étendue, pour que souvent il se réduise à une figure régulière de quelques acres; tandis que toutes les substances environnantes n'ont pas eu de tendance à la cristallisation, et se sont formées en strata secondaires communs. La roche de Salisbury *Craig*, par exemple, est une masse de *whinstone*, ayant une face perpendiculaire de 80 ou 90 pieds de hauteur vers l'O., et s'étendant, du N. au S., par un escarpement circulaire de 900 verges. La totalité de cette roche repose sur des lits réguliers de pierres de sable secondaires, non horizontaux, mais considérablement affaissés vers le N. E. La roche est plus mince dans le milieu, décroit en épaisseur vers chaque extrémité, et se termine vers le N. sous la forme d'un coin. Elle est couverte au sommet, vers cette extrémité, de lits réguliers de pierre de sable, parfaitement semblables à ceux qui lui servent de base; et il est probable qu'autrefois cette couverture s'étendoit sur le tout.

Maintenant, quelle cause a déterminé la colonne d'eau qui étoit sur la base que la roche presse maintenant, à ne déposer rien autre chose que des matières de *whinstone*, tandis que l'eau au Midi, à l'O. et au N., a déposé les substances des strata sableux et marneux? Dans ce petit espace, la précipitation a donc été par-tout *chimique*, pour me servir du langage de Werner, tandis que tout près, et de chaque côté, elle a été entièrement *mécanique*? Dans ce cas, pourquoi n'y a-t-il pasici de gradation? Et pourquoi une simple ligne mathématique est-elle la limite entre des régions où des lois si différentes ont agi? Nous pouvons donc également demander si le dépôt basaltique a cessé assez brusquement vers l'O., pour qu'il ait pu produire cette surface escarpée dont

que les laves ne renferment ni les uns ni les autres, puisqu'elles sont connues certaine-

---

nous avons parlé? L'opération des courans ou d'un mouvement quelconque dans un fluide n'expliquera jamais ces phénomènes : cependant ils sont loin d'appartenir à une seule colline; ils forment en général des apparences caractéristiques dans l'histoire naturelle des montagnes de *whinstone;* et une théorie géologique qui ne sait pas les expliquer, mérite peu d'attention.

110. La roche basaltique, que nous venons de décrire, est aussi couverte, au moins en partie, de strata parfaitement semblables à ceux sur lesquels elle repose. Il paroît donc tout-à-fait extraordinaire que l'eau, après avoir déposé les matières du whin dans le lieu en question, ait repris si vite le premier ordre de choses, et ait de nouveau déposé, comme auparavant, du sable et les autres substances des strata. Tout ceci est absolument inintelligible; et les principes du système Neptunien semblent ici avoir autant besoin d'explication que les apparences qu'ils cherchent eux-mêmes à expliquer.

111. L'épaisseur inégale et la surface très-irrégulière de la masse de *whinstone* dont nous parlons, et de beaucoup de roches de la même espèce, sont de grandes objections contre la notion de leur formation aqueuse. Werner semble l'avoir pressenti dans l'exemple des roches citées; et il tâche d'en rendre raison, en supposant que la plupart ont été tellement détruites par la décomposition, qu'elles ne peuvent plus avoir ni la régularité de leurs surfaces, ni leur correspondance originelle. Cependant, dans la roche de Salisbury, nous avons une preuve que la grande irrégularité de la surface et l'inégalité de l'épaisseur ne viennent point de cette cause. La partie la plus mince de cette roche, vers son extrémité septentrionale, est encore recouverte par les strata dans leur place naturelle, et qui l'ont parfaitement garantie de toute espèce de décomposition et de ruines. Ainsi, la forme en coin,

ment pour avoir été lancées par des explosions volcaniques.

---

que cette roche affecte à ses extrémités, et la grande différence d'épaisseur dans son milieu, font partie de sa constitution première, et ne peuvent être attribuées à une cause accidentelle, ou subséquente à sa consolidation.

On peut dire la même chose de beaucoup d'autres roches basaltiques, où une inégalité d'épaisseur, très-différente de ce qui appartient aux dépôts aqueux, est reconnue pour un des caractères des lits de *whinstone*, qui s'enfoncent profondément sous la surface de la terre. Ainsi, on a vu la crapaudine du Derbyshire, même aux endroits recouverts de strata, en creusant un puits perpendiculaire, varier dans son épaisseur, depuis 18 verges jusqu'à 60, dans une distance horizontale moindre qu'un stade (*a*). Rien de tout cela n'a jamais lieu dans ces lits bien reconnus pour des dépôts aqueux, et aucun caractère ne peut être mieux marqué pour preuve d'une différence essentielle de formation.

112. Nous avons des occasions fréquentes de remarquer les caractères de ces masses de *whinstone*, si souvent interposées dans des roches stratifiées. Toutes, en général, sont contraires au système Neptunien, et deux sur-tout, dont je n'ai point encore parlé, le sont plus que les autres.

Lorsqu'un lit ou une masse tabulaire de *whinstone* est entre des strata, et par-tout où on peut apercevoir ses extrémités, si les strata de dessous ne sont point brisés, on remarque qu'ils ne viennent pas aboutir brusquement contre le whin. Au contraire, en suivant la course du lit qui recouvre le *whinstone*, et de celui qui lui sert de base, nous voyons qu'ils convergent l'un vers l'autre, et que la masse interposée, semblable à un coin, va

(*a*) Huit stades font un mille anglais et romain.
(*Note du Traducteur.*)

D'après ces circonstances de ressemblance et de différence entre les laves et le *whinstone*,

---

toujours en diminuant. Lorsque cette dernière finit, les deux premiers viennent en contact, et n'ont plus de lit interposé. Ainsi, le toit et la base du *whinstone* sont des lits contigus, qui paroissent comme s'ils avoient été élevés, courbés et séparés par une masse interposée. Si le tout avoit été l'effet d'une déposition simultanée, les strata réguliers auroient été limités brusquement par le whin, comme deux parties de maçonnerie d'espèce différente qui s'ajustent l'une sur l'autre.

113. De cette figure cunéiforme des masses de *whinstone*, et en général de l'irrégularité de leurs surfaces, on peut déduire une autre conclusion semblable à la précédente. Lorsque la surface de la masse interposée est très-inclinée à l'horizon, les strata, placés sur ce plan incliné, sont néanmoins très-exactement parallèles à ce plan, et parallèles l'un à l'autre, comme s'ils étoient réellement horizontaux. Il est certain, cependant, qu'ils n'ont point été déposés sur le plan où ils se trouvent aujourd'hui; car, dans ce cas, ils auroient dû être à peu près horizontaux, et nullement parallèles au côté incliné du *whinstone*. Ceci est une conséquence, comme on l'a déjà dit, de la nature d'une déposition aqueuse.

Nous avons un exemple remarquable de ce phénomène dans la roche de Salisbury *Craig*, dont nous avons si souvent parlé, et qui présente presque toutes les circonstances qui peuvent servir à expliquer l'histoire naturelle des roches basaltiques. La pointe nord de cette roche a la figure d'un coin; son côté incliné est très-escarpé, et recouvert de lits de sable très-réguliers, et parallèles à la surface sur laquelle ils sont placés. A la simple inspection, on est convaincu qu'ils n'ont point été déposés par l'eau sur un fonds aussi incliné que le leur. Ils sont d'une structure très-schisteuse, leurs couches très-minces, de manière à faire voir aisément le plus petit défaut de parallélisme. Les apparences de la

comme la formation de l'une est connue, il semble qu'on pourroit tirer une conclusion

---

déposition horizontale de ces strata sont si évidentes, il est si impossible de s'y méprendre, que les sectateurs du système de Hutton n'auroient rien à risquer, s'ils abandonnoient toute la théorie du *whinstone* à la décision de ce seul fait; ils consentiroient à faire le sacrifice de toute la théorie, si les Neptunistes pouvoient mettre en avant un principe physique ou statique sur lequel ils pussent raisonnablement établir la déposition que nous venons de décrire; ou s'ils vouloient indiquer la règle que la nature a suivie pour donner une structure stratifiée bien exacte aux lits de sable déposés sur une surface autant penchée. Si ce principe n'existe pas, quoique nous ne puissions conclure que la théorie de Hutton soit vraie, nous pouvons certainement assurer que la théorie Neptunienne est fausse.

114. Sur la formation ignée du *whinstone* on tire des preuves encore plus directes du durcissement des strata contigus, de leur bouleversement, lorsqu'ils sont entrecoupés par les veines de *whinstone*, et de la combustion du charbon, lorsqu'il est en contact avec ces veines. Ceci a été examiné aux §§ 66, 67, etc.; et on a remarqué plus particulièrement, au § 66, que l'on trouve, comme flottant dans le *whinstone*, des morceaux de pierres de sable qui sont très-altérés en même temps dans leur contexture. Un de ces exemples le moins équivoque que nous ayons vu, est vers le côté sud de *Arthur's Seat*, auprès d'Edimbourg. La roche qui compose le haut de la colline, de ce côté, est un *whinstone* brèche, comme il s'en trouve beaucoup, ressemblant à ce que les géologues Volcanistes appellent une *lava brecciata*. Les fragmens pierreux, renfermés dans cette masse composée, sont, pour la plupart, arrondis; quelques-uns sont de *whinstone*, d'autres de porphyre, très-bien caractérisé par les points rectangulaires de feldspath; plusieurs semblent être de pierre

de probabilité sur la formation de l'autre. L'affinité en question est constante et essen-

---

de sable, mais tellement défigurés, qu'on peut à peine les reconnoître. D'un côté, cependant, où la face de la roche est presque perpendiculaire, il y a une traînée étroite, séparée du reste, et d'une couleur différente; plus recouverte de mousses que la roche qui l'environne, et probablement par là moins susceptible de décomposition. L'examen fait, j'ai trouvé que cette traînée n'étoit point un *whinstone*, mais une pierre de sable très-dure et très-consolidée. Elle paroît être l'extrémité d'un stratum, de l'épaisseur de 9 ou 10 pouces, et de la hauteur de 15 ou 16 pieds. Elle n'est pas parfaitement droite, mais un peu ondulée; sa direction générale est presque verticale; et elle est de chaque côté fortement serrée par le *whinstone*. A sa fracture, cette pierre de sable, excepté sa forte consolidation, et plus encore sa structure vitreuse, ressemble en couleur et pour tout, à la poussière commune qui est au pied de la colline, et dans toute la plaine adjacente.

115. Si on réunit toutes ces circonstances, on ne peut en tirer qu'une seule conclusion. Nous avons ici des signes évidens de quelque puissance qui a élevé ce fragment de roche de sa place naturelle, éloignée au moins de quelques centaines de verges de sa situation actuelle, qui l'a placé au dessus de son lit, l'a enveloppé dans une roche solide d'une nature qui lui est tout-à-fait étrangère, et qui en même temps a augmenté beaucoup sa solidité et sa dureté. Si la masse, qui renferme cette pierre, est supposée avoir été autrefois en fusion, jetée d'en bas avec violence, inondant les strata, et emportant avec elle les fragmens, tout le phénomène s'explique, et toutes les circonstances s'accordent; mais, sans cette supposition, il n'y a plus que des prodiges isolés, sans connexion l'un avec l'autre, ni avec rien de ce qui est connu. Il est réellement impossible d'exprimer, d'une manière plus claire, les effets du mou-

tielle, et la différence variable et accidentelle; ce qui mène naturellement à soupçonner que

---

vement et de la chaleur, ou d'indiquer plus distinctement le sujet dans lequel réside cette puissance.

Les faits précédens, ne pouvant avoir qu'une seule interprétation, sont, par cela même, très-concluans. Les phénomènes de Salisbury *Craig*, près du même endroit, n'ont aucune ambiguïté. La roche basaltique, qui forme ce précipice, repose sur des lits sableux ou marneux, et, par leur contact immédiat avec la roche, ils donnent un exemple de ce qui a été avancé au § 67, savoir, la conversion des strata, dans cette situation, en une sorte de pétrosilex, ou même de jaspe. La ligne qui sépare une roche de l'autre, est en même temps assez bien déterminée pour exclure toute idée de gradation insensible, aux yeux même du Neptuniste le plus résolu.

116. La même roche donne des preuves frappantes du bouleversement des strata contigus au *whinstone*. Ces strata, dans quelques endroits, sont courbés par en haut, et dans un seul, ils forment une arche, dont la convexité est du haut en bas; d'où il résulte que la force qui a produit cette courbure, est venue du bas en haut.

117. C'est cependant où le *whinstone* est sous la forme de veines, et où il entrecoupe les strata, que le durcissement de ceux-ci est remarquable. La côte d'Ayrshire, et celle d'Aran, qui lui est opposée, offrent une étonnante variété de ces veines. Les strata, dans beaucoup d'endroits, en sont tellement *réticulés* et entrecoupés, qu'il faut supposer que les fentes ont été faites avant qu'elles fussent remplies. Ce qui est vrai, si on regarde les veines comme étant toutes de la même formation, et, dans le plus grand nombre d'exemples connus, il n'existe point de marque qui indique que l'une soit postérieure à l'autre.

118. La dureté des côtes de ces veines, dans quelques cas, a été telle, qu'ils ont résisté plus long-temps

l'origine de ces deux pierres est la même ; et que, comme la lave est certainement une

---

que la veine elle-même; de sorte que le *whinstone* a été emporté par les eaux, et que les côtés sont restés avec un espace vide entre eux, comme un *fossé*. Vers le sud de la baie de Brodick, dans l'île d'Aran, j'ai remarqué un de ces vides, qui, à l'endroit où il se rencontre avec la face d'un grand escarpement, n'avoit pas moins de 40 ou 50 pieds de profondeur.

119. Je passerai sous silence tout ce qui pourroit être encore en faveur de notre système, et les ramifications délicates des veines, et les variétés de leurs côtés, qui diffèrent depuis quelques pouces jusqu'à plusieurs brasses en diamètre, et la connexion qu'ils paroissent avoir souvent avec les masses tabulaires de basaltes; seulement j'ajouterai quelques remarques sur la combustion du charbon dans le voisinage des veines ou blocs de *whinstone*. La connexion qui se trouve entre le charbon brûlé et la présence du *whinstone* a été observée, pour la première fois, par le docteur Hutton; et, autant qu'on a pu jusqu'ici le vérifier par l'observation, ce fait paroît aussi général que curieux et intéressant. Dans les mines de charbon d'Ecosse, il est très-remarquable, sur-tout dans celles des environs de Saltcoats, en Ayrshire. On y voit une jetée de *whinstone* traverser toute la région de charbon, et par-tout accompagnée de charbon *blind*, ou qui ne flambe pas. A Newcastle, on rencontre des jetées de la même espèce; une, entre autres, dans la charbonnière de *Walker*, prouve l'action d'un feu souterrain, à la satisfaction des minéralogistes les moins prévenus en faveur du système Huttonien.

Le charbon trouvé sous des basaltes dans l'île de Skye a déjà été cité au § 6. A tout ce que l'on a dit de la structure fibreuse des parties de ce fossile en contact immédiat avec le whin, on peut ajouter, qu'il a été tellement consumé dans ces parties, qu'à peine peut-il jeter une flamme lorsqu'on le brûle, quoique plus

production du feu, le *whinstone* en est une aussi probablement.

---

bas il soit de la même nature que le charbon ordinaire. Certes, si la remarque de M. Kirwan étoit vraie, qu'il soit commun de trouver du charbon de bois sous les basaltes, il faudroit croire que le charbon en contact avec les basaltes est souvent brûlé, et que, par ce moyen, sa structure fibreuse est devenue plus visible.

120. A la supposition, que le charbon a perdu sa partie bitumineuse par la chaleur du *whinstone*, on a objecté que, d'après les principes du docteur Hutton, cela n'a pu avoir lieu dans les régions minérales. Mais on peut répondre, comme on l'a déjà fait, que l'application locale de la chaleur a pu produire cet effet, et enlever les parties volatiles d'un côté plus échauffé pour les porter vers un plus froid, dans le même stratum. Le bitume n'a pas été volatilisé par son expansion, au point de disparoître entièrement des régions minérales; mais il a été chassé de quelques parties de la masse, pour aller se condenser, et se concentrer dans d'autres. Cette supposition s'accorde parfaitement avec les apparences.

121. On distingue, sous deux variétés, le charbon fossile ou natif, qui accompagne le *whinstone*. La première est la plus commune, celle où le charbon, quoique parfaitement brûlé, est solide, et présente une fracture polie et brillante. Dans la seconde, le charbon est aussi brûlé, mais il est très-poreux et spongieux. Cette substance est plus rare que l'autre : le docteur Hutton en cite un exemple qu'il a rencontré à l'embouchure de la rivière d'Ayr, sur une jetée de *whinstone* (*). J'ai été témoin oculaire de cette observation. C'étoit dans le lit de la rivière, au dessus de la marque de la haute mer: les échantillons avoient toutes les apparences d'un charbon éteint.

Sur les bords de la même rivière, quelques milles

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 611.

63. Mais, pour voir si cette hypothèse expliquera la diversité de ces deux substances,

---

plus haut, il trouva un morceau de charbon, partie d'un stratum régulier, enveloppé dans le *whinstone* et très-combustible. Il se consumoit très-lentement dans le feu, et éclatoit par le moyen du nitre comme la plombagine. Il a considéré ce morceau comme le même fossile qui a été décrit sous le nom de *plombagine*. Près de là, et adhérant à la même veine de *whinstone*, il y avoit sans doute une plombagine réelle.

De tout ceci il conclut aussi, que la plombagine est l'extrémité de la gradation (*a*) dont le charbon fossile est le commencement, et qu'elle n'est rien autre chose que le charbon réduit à son état parfait. Ceci s'accorde avec l'analyse chimique, qui prouve que la plombagine est un composé de carbone combiné avec le fer.

Pour confirmer sa théorie, il cite un échantillon, dans sa collection, de *whinstone* stéatique du Cumberland, contenant des nodules de la plus pure et de la plus belle plombagine ; il parle aussi d'une mine de cette substance, dans l'Ayrshire, que, sur l'autorité du docteur Kennedy, qui l'a examinée avec grand soin, je puis affirmer être enfermée et enveloppée dans le *whinstone*. J'espère que cet observateur curieux et exact publiera bientôt une description particulière de cet endroit intéressant.

122. Ainsi, les découvertes minéralogiques et chimiques concourent à représenter le charbon, le charbon

(*a*) La connoissance des montagnes ou roches, développée dans les leçons de M. Tondi, « montre d'un coup-d'œil comment la nature, avec les mêmes matériaux, mais dans des circonstances diverses, a produit des substances qui diffèrent si peu entre elles, quand on les considère en serie, et qui au contraire présentent des différences si marquées dans leur tissu, en n'observant que les termes extrêmes. » (Lucas, Tableau méth., 2. part., observat. sur les leçons de M. Tondi.)

(*Note du Traducteur.*)

sans quoi elle ne mériteroit point d'attention, il faut remarquer que la présence du carbo-

blind, la plombagine, le *plumbago*, et toutes les modifications de la même substance, comme venant du même principe, du carbone, dans un état d'une plus ou moins grande combinaison. Le dernier et le plus parfait degré de cette série devoit être le *diamant;* mais nous ne connoissons pas encore assez la matrice de ce fossile curieux, et sa relation géologique avec les autres minéraux. Ces deux connoissances acquises, on donnera probablement à cette substance la même place dans l'ordre géologique que dans l'ordre chimique. A peine est-il besoin maintenant de remarquer combien tous les faits précédens coïncident avec l'hypothèse de la formation ignée du *whinstone*, et combien ils ont d'anomalie et peu de connexion avec toute autre théorie.

123. Malgré tout ce que nous avons accumulé pour l'évidence inattaquable de la formation ignée des basaltes, il resteroit encore, contre notre théorie, une grande objection, si nous n'avions pas rapporté plus haut, au § 75, les expériences les plus exactes et les plus concluantes en faveur de la fusion de ce fossile. Il s'est élevé un grand préjugé contre la production de tout ce qui ressemble à une pierre réelle par le moyen de la fusion, même parmi ces minéralogistes, qui, tous les jours, sont témoins de l'apparence pierreuse que prend la lave volcanique. D'après l'imperfection de leurs expériences, ils prétendent encore que, quelle que soit la combinaison des terres et des pierres, leur fusion ne peut produire rien autre chose que du verre.

Un naturaliste ingénieux, après avoir décrit un bloc de basalte, dans lequel il avoit découvert toutes les apparences qui le forçoient à croire à la consolidation ignée, rejette cette hypothèse, fondé uniquement sur l'impossibilité imaginaire où se trouve le feu de donner à une substance quelconque un caractère pierreux : « Quelque mélange, dit-il, de terres que l'on suppose,

nate de chaux dans un corps qui a été en fusion, fait preuve en faveur du principe déjà avancé, que la fusion a eu lieu sous l'action d'une force de compression immense, c'est-à-dire, dans les plus profondes entrailles de la terre, ou dans le grand laboratoire des régions minérales. Nous devons donc suppôser que la fusion du whin a été faite dans ces régions, ou la compression a été assez forte pour laisser le gaz carbonique en union avec la terre calcaire, de manière que le mélange de ces deux matières a pu se cristalliser en spath, par le refroidissement. Dans les laves, au contraire, lancées par les éruptions volcaniques, la fusion, quel que soit l'endroit où elle commence, continue en plein air, là où il n'y a que la pression de l'atmosphère: la terre calcaire, qui peut avoir été sous la forme d'un carbonate, dans les matières qui composent la lave, a dû être changée en chaux vive, et devenir infusible. De là vient l'absence du spath calcaire dans les laves qui ont coulé sur la surface.

---

quel que soit le degré de feu que l'on imagine, quel que soit le temps que l'on emploie, il est très-certain que l'on n'obtiendra, par le fluide igné, ni basalte, ni rien qui lui resssemble (*). »

Les expériences de sir James Hall ont complettement démontré la fausseté de cette opinion; elles ont beaucoup ajouté à l'évidence du système Huttonien; et, indépendamment de toute théorie, elles ont singulièrement rétréci le cercle des préjugés et de l'erreur.

(*) Journal de phys. tom. 49 (1799), pag. 36.

Ainsi

Ainsi le *whinstone* doit être regardé comme une lave souterraine ou *non jetée*; et notre théorie a l'avantage d'expliquer en même temps et la ressemblance et la différence qui se trouvent entre ces deux corps pierreux, sans introduire aucune nouvelle hypothèse. Dans le système des Neptunistes, la ressemblance de la lave et du *whinstone* est un paradoxe qui n'admet point de solution.

64. La forme de colonne que l'on rencontre quelquefois dans cette espèce de *whinstone*, appelée *basalte*, est un fait qui donne matière à beaucoup de discussions; et il faut avouer que, quoique ce soit un des caractères les plus remarquables de ce fossile, il n'est pas celui qui donne les éclaircissemens les plus directs sur son origine. Une circonstance, cependant, en faveur de l'opinion qui attribue la formation de la roche basaltique au feu, c'est que la figure de colonne est prise quelquefois par la lave à sa sortie des volcans. Maintenant, il est très-important d'avoir pour nous l'argument synthétique, et de connoître que les colonnes de basaltes peuvent être produites par le feu; quoique, sans contredit, pour donner à notre conclusion une évidence absolue, il faudroit montrer que la nature n'a pas d'autre moyen de former ces colonnes. Cette sorte d'évidence est difficile à découvrir; mais, puisque le pouvoir de la fusion, pour produire le phénomène en question, est parfaitement établi, et puisque la production du même phénomène par la voie humide est

une pure hypothèse, s'il y a la moindre raison de soupçonner l'action de la chaleur souterraine comme une des causes de la minéralisation, chaque principe d'une saine philosophie demande que la structure basaltique, dans tous les cas, soit regardée comme un des effets du feu.

65. Les Neptunistes nous allégueront sans doute, comme preuve d'analogie avec les colonnes basaltiques, ce qui se passe dans le dessèchement de l'empois, de l'argile, et de quelques autres substances. Ici, toutefois il faut remarquer une différence très-grande, qui correspond exactement à l'un des caractères que nous avons toujours observés pour distinguer les produits de l'eau, de ceux qui ont été consolidés par le feu. Les colonnes formées par les substances dont nous venons de parler, sont distantes l'une de l'autre; elles sont séparées par des fentes qui s'élargissent du bas en haut, et qui viennent de la contraction et du dessèchement de la masse. Dans les colonnes basaltiques on ne trouve point d'ouvertures, point de vide d'aucune espèce; les piliers sont en contact parfait; et, quoique très-distincts, ils sont tellement serrés, que le tranchant le plus fin d'un coin ne pourroit être introduit entre eux (*a*). Ceci est une grande particularité dans la structure basaltique, et qui explique bien ce fait, que la

(*a*) Voyez planche 2, et la notice du traducteur qui la précède. (*Note du Traducteur.*)

masse a été tout entière fluide, et que ses parties ont pris un nouvel arrangement, non en conséquence de la séparation d'un fluide d'une partie solide, qui peut donner naissance à une grande contraction, et laisser des espaces vides ; mais en conséquence d'une cause qui, comme le refroidissement, agit également sur toutes les parties de la masse, et conserve leur contact absolu quand la fluidité a cessé.

66. Une marque de fusion, ou au moins de l'opération du feu, que le *whinstone* a de commun avec beaucoup d'autres minéraux, c'est de contenir des pyrites, substance qui, comme nous l'avons déjà remarqué, appartient au feu plus que toute autre. Une seconde preuve de fusion plus particulière au whin, c'est que, soit en veines, soit en masses, il renferme souvent des morceaux de pierres de sable, ou d'un autre stratum contigu, absolument isolés, ayant les apparences de fragmens de roche qui ont flotté dans un fluide assez dense, et assez pesant pour soutenir leur poids. Quoique ces fragmens aient été trop réfractaires pour être réduits en fusion, ils ne sont pas restés sans quelques changemens ; mais ils ont, en général, acquis une dureté extrême, en comparaison de la roche de laquelle ils paroissent avoir été détachés.

67. On voit des exemples semblables d'un endurcissement extraordinaire dans les parties des strata qui sont en contact avec le

whinstone, soit qu'elles forment les côtes des veines, soit qu'elles se trouvent au haut ou au bas des masses qui contiennent le *whinstone*. Que les strata soient composés de sable ou d'argile, ils sont ordinairement très-durs et fortement consolidés; les premiers sur-tout perdent leur structure granuleuse, et sont souvent changés en jaspe parfait. Cette remarque intéressante a été faite d'abord par le docteur Hutton, et un grand nombre d'observations en ont depuis vérifié la certitude.

68. C'est au même auteur que nous devons la connoissance d'un fait analogue au passage des veines de *whinstone* à travers les lits de charbon. Comme les lits de pierre, dans quelque endroit qu'ils soient en contact avec les veines de whin, semblent acquérir un degré de plus de dureté; ainsi les lits de charbon, dans des circonstances semblables, paroissent avoir perdu leur fusibilité, et être presque réduits à la condition du charbon de bois. Nous avons déjà parlé de l'existence de ce charbon, et nous l'avons considéré comme une preuve de l'action de la chaleur souterraine. Dans les exemples ici mentionnés, c'est-à-dire, lorsque le brûlement du charbon est limité aux parties du stratum qui sont en contact avec le whin, ou qui s'en rapprochent immédiatement, la chaleur est regardée comme enfermée dans la veine : et cela s'entend seulement dans la supposition de la fusion du whin, à une période postérieure à

la consolidation du charbon qui a coulé dans les ouvertures des strata. Dans beaucoup de cas, la chaleur a eu assez de force pour extraire la matière bitumineuse du charbon, et la forcer à se retirer dans des parties plus éloignées et plus froides. Peu de faits dans l'histoire naturelle des fossiles sont plus remarquables que celui-ci, et aucun n'établit plus directement la conformité qui existe entre les opérations des régions minérales, et celles qui ont lieu à la surface de la terre.

69. De plus, par-tout où le *whinstone* abonde, si la confusion des strata n'est pas une preuve directe de la fluidité originelle de cette matière, elle est au moins une indication de la violence qu'elle a éprouvée pour prendre sa place. Cette confusion de la position des strata, leur élévation extraordinaire, et les autres irrégularités qu'on remarque quand ils sont entrecoupés par des veines de *whinstone*, sont des faits si bien connus des mineurs, que, lorsqu'ils rencontrent dans les veines des métaux quelque changement subit, ils ont coutume de prédire leur arrivée à quelques masses ou veines de matières non stratifiées; et, dans leur langage figuré, ils voient là la cause des embarras qu'ils rencontrent si souvent (*).

70. Toutes les espèces de *whinstone* se

(*) *A trouble*, un embarras, un inconvénient, est le nom que les mineurs charbonniers donnent, en Ecosse, à une veine de *whinstone*.

trouvent souvent interposées dans les lits des roches stratifiées sous la forme de tables massives; ceci ajoute aux preuves de son origine ignée, plusieurs autres, qui, dans cette situation, lui sont particulières. Par exemple, il n'est pas rare de voir dans quelques endroits les lits contigus au whin, élevés, et courbés par en haut en forme concave; de sorte qu'il paroît évident que la force qui les a remués est venue d'en bas, qu'ils ont été en même temps amollis, et rendus flexibles jusqu'à un certain degré. Il n'est pas nécessaire de remarquer que ces effets ne peuvent être expliqués que par la fusion du whin ; et que la force immense qui l'a poussé contre les strata, n'a pu avoir d'autre cause que la chaleur, agissant comme nous le supposons ici.

71, De plus, s'il est vrai que les masses de whin, interposées ainsi entre les strata, y aient été introduites après la formation des derniers, nous devons trouver, au moins dans beaucoup de circonstances, que les lits sur lesquels repose le *whinstone* et ceux qui le recouvrent, sont absolument semblables. Si ces lits, autrefois contigus, n'ont été élevés et fendus que par l'irruption d'une masse fluide de lave souterraine, nous reconnoîtrons encore leur identité. C'est précisément ce qui est observé, et confirmé par une foule d'exemples, et sur-tout par celui qu'offre la roche de *Salisbury Craig*, près d'Edimbourg.

Cette ressemblance des strata qui recou-

vrent les masses de *whinstone*, avec ceux qui leur servent de base, et même la différence entre ces strata et la masse interposée, sont des faits qui pourroient difficilement s'expliquer par les principes de la théorie des Neptunistes. Si ces roches, stratifiées ou non, sont des productions de la mer, il faut faire connoître les circonstances qui ont déterminé le *whinstone* et les lits qui l'entourent à prendre une structure si différente, quoique formés dans le même temps, et dans un contact immédiat : il faut faire connoître encore les circonstances qui ont forcé les substances stratifiées, au dessus et au dessous du *whinstone*, d'être précisément les mêmes, quoique l'époque de leur formation ait été très-différente. Les matières homogènes, éloignées les unes des autres, et les hétérogènes, pressées les unes contre les autres, sont des phénomènes inintelligibles dans une théorie qui attribue leur origine à l'action du même élément, et qui nécessairement fixe l'époque de leur formation suivant l'ordre que les couches occupent l'une au dessus de l'autre.

72. Si, dans ces exemples, comme quelques-uns l'ont avancé, la gradation est si insensible entre les strata et la masse interposée, de manière à ce qu'il soit impossible de marquer le point où l'un finit, et où l'autre commence, quelques difficultés que nous puissions rencontrer dans la théorie Neptunienne, il nous paroît difficile de lui en substituer

une meilleure. Mais, pour les cas que nous traitons dans ce moment, il est évident qu'il n'existe aucune gradation de cette espèce ; et que, quoiqu'on observe souvent, à l'endroit où les deux roches sont en contact, un changement sur les strata qui ont acquis un degré de plus de dureté, cependant la ligne de séparation est bien marquée, et peut être fixée avec précision. Il est certain, du moins, qu'on trouve par-tout des échantillons qui portent ces lignes de séparation; et toutes les fois qu'on a l'attention de se procurer un fragment de pierre nouvellement cassé, et d'éloigner les effets des causes accidentelles, même lorsque deux roches semblables sont exactement réunies, je suis persuadé qu'il ne peut plus rester le moindre doute sur la ligne de leur séparation. C'est pour cela qu'il paroît probable que la transition graduelle des basaltes, dans les strata voisins, est réellement une pure illusion, fruit d'une observation faite à la hâte, et sans soins.

73. Un autre fait remarquable, dans l'histoire naturelle du *whinstone*, reste encore à considérer, et je finirai par lui toutes les preuves qui concernent cette roche.

Quelques espèces de *whinstone* servent de matrices communes aux agates et aux calcédoines qui y sont renfermées sous la forme de nodules arrondis. La structure figurée, et quelquefois cristallisée de ces nodules, fait preuve de leur fluidité primitive ; cette fluidité est généralement admise, et on ne dis-

cute que pour savoir si elle est l'effet de la chaleur, ou celui d'une solution. Pour éclaircir ce doute, le docteur Hutton observe que la formation des enveloppes concentriques dont l'agate est ordinairement composée, est venue de la circonférence vers le centre, puisque les couches extérieures font impression sur les enveloppes intérieures, et que jamais l'inverse n'arrive. Une autre circonstance confirme cette observation : lorsqu'il se trouve un vide dans l'agate, c'est ordinairement au centre; et, s'il y a des cristaux, c'est là aussi où ils sont réguliers. Il paroît donc certain que la marche de la consolidation a procédé de la circonférence vers l'intérieur, et que les enveloppes extérieures de l'agate ont été les premières à acquérir la solidité et la dureté.

74. Maintenant il faut considérer que ces écailles, ou enveloppes, sont extrêmement durcies; qu'elles sont d'une matière siliceuse très-pure, et absolument perméable à toute substance connue, excepté à la lumière et à la chaleur. Il est donc clair que, pendant la marche de la consolidation, et dans tous les temps, ce qui a été contenu dans les enveloppes déjà formées, a dû y rester tant que l'agate est demeurée elle-même tout entière, sans la possibilité de disparoître. Mais, dans les enveloppes de l'agate, on ne trouve rien que sa propre substance : ainsi, jamais une substance étrangère, c'est-à-dire, aucun dis-

solvant n'a pu y être renfermé. La fluidité de l'agate a donc été simple et débarrassée de toute action menstruelle (*a*).

Rien, dans cet argument, ne me paroît manquer à tout ce qui convient à la rigueur d'une démonstration physique; j'oserai même dire mathématique. En effet, il semble impossible d'exprimer l'origine ignée des fossiles, par un langage plus clair que par la peinture des phénomènes que nous venons de détailler.

75. L'examen de quelques morceaux d'agate et de calcédoine parle encore davantage en faveur de cet argument : le docteur Hutton en tiroit ordinairement sa conclusion avec une telle pénétration et une telle finesse, que ses amis ne pouvoient l'entendre sans une grande admiration, comme sans plaisir. Passons cela sous silence : il me reste à remarquer seulement qu'une série d'expériences les plus intéressantes, faites par sir James Hall, et publiées dans les Transactions de la société royale d'Edimbourg, détruit (*) la seule objection qu'on pouvoit faire contre l'origine ignée du *whinstone*. Cette objection est

(*a*) Cependant plusieurs observateurs assurent que, par une longue et continuelle exposition à la lumière, les agates et les calcédoines perdent considérablement de l'eau et de l'air qu'elles contiennent.

(*Note du Traducteur.*)

(*) Vol. 5, pag. 43.

fondée sur l'observation ordinaire : que, lorsqu'un morceau de *whinstone*, ou de basalte, est fondu dans un creuset, par le refroidissement il se change en verre, et perd entièrement ses caractères originaux. On a conclu de là que ces caractères n'ont pas été originellement produits par la fusion. Les expériences, cependant, dont nous venons de parler, ont démontré, de la manière la plus satisfaisante, que le whin fondu, en le laissant refroidir avec mesure et lentement, ne prend point l'apparence de verre, mais devient une substance pierreuse peu différente du *whinstone* ou de la lave.

Les expériences d'un autre habile chimiste, le docteur Kennedy, ont prouvé que le *whinstone* contient un alkali minéral, qui nécessairement doit aider sa fusion (*). Le docteur Hutton attribue ordinairement sa fusibilité, en grande partie au moins, à la quantité de fer qu'il contient. Ces deux causes, sans doute, se réunissent pour le rendre plus aisément fusible que les matières ordinaires des strata.

76. En un mot, pour bien concevoir l'origine de cette classe de roches non stratifiées, distinguée par le nom de *whinstone*, nous devons supposer que, long-temps après la consolidation des strata, et pendant le temps de leur élévation, les matières du

(*) Transac. de la S. R. d'Edimb. vol. 5, pag. 85.

whin ont été mises en fusion par la force de la chaleur souterraine, et injectées dans les fentes des roches déjà formées. C'est ainsi qu'ont été produites les veines et les couches de *whinstone*; et, lorsque les circonstances ont permis au ruisseau de matières fondues de se répandre plus au large, alors se sont formées les masses en table, qui, dans la suite, se sont élevées, avec les lits environnans, au dessus du niveau de la mer, et depuis ont été mises à découvert par les causes qui continuellement changent, et bouleversent la surface de la terre.

Ces roches non stratifiées ne sont pas cependant l'ouvrage de la même période; elles diffèrent évidemment par la date de leur formation, et il n'est pas extraordinaire de trouver des masses tabulaires d'une espèce de whin, coupées par des veines d'une autre espèce. En effet, de tous les corps fossiles qui composent aujourd'hui notre terre, les veines de whin paroissent être les plus récemment consolidées.

Le porphyre peut tellement être regardé comme une variété du whin, que, distingué seulement par des cristaux de feldspath, il ne mérite pas un article séparé, dans une esquisse de géologie comme celle-ci. De même que les autres espèces de whin, il se trouve en veines et en masses tabulaires, ayant sans doute, une origine semblable à celle du fossile que nous venons de décrire. Une particularité propre au porphyre, cependant c'est d'appartenir aux strata primaires;

semble être le *whinstone* de l'ancien monde, ou au moins de la plus haute antiquité dans le monde actuel. Nulle part, je pense, il ne prend l'apparence de colonnes ou de basaltes, il n'a point de régularité ; mais ceci est vrai également de toutes les autres variétés de whin, excepté celle qui est homogène, et la plus compacte. Ces différences ne sont pas assez considérables pour nous forcer d'entrer dans des détails sur l'histoire naturelle de ce fossile.

3. *Du Granite.*

77. Le docteur Hutton se sert du terme (xve note) de granite pour signifier une

---

(xve note.) On a dit plus haut, § 77, que le granite étoit en masses non stratifiées, et en veines. Dans la première de ces conditions, il constitue des montagnes entières, et forme la ligne centrale des plus grandes chaînes qui traversent la surface de la terre. C'est le granite de cette espèce qui a été le plus généralement décrit par les voyageurs et les minéralogistes. Les veines n'ont pas autant attiré leur attention, quoiqu'elles soient d'une importance particulière pour déterminer la relation qui existe entre le granite et les autres fossiles.

Quoique le docteur Hutton ait été le premier géologue qui ait expliqué la nature des veines de granite, et observé avec attention les phénomènes qui les accompagnent, il n'est pas le premier qui en ait fait mention. M. Besson a trouvé de ces veines dans un schiste argileux du Limousin, et sans liaison, autant qu'il lui a paru avec aucune masse considérable de granite (*).

Saussure en a remarqué dans la Valorsine, mais pas

(*) Journal de phys. tom. 29, pag. 29.

agrégation de quartz, de feldspath et de mica, distincts l'un de l'autre, et sans apparence de couches. En y ajoutant le hornblende, le schorl ou le grenat, on ne change pas le

---

très-distinctement. Il les attribue à l'infiltration (*). La date de ses observations est de 1776. Il a découvert ensuite les mêmes apparences à Lyon (**).

Werner de même, en comptant les substances qui composent les veines, reconnoît le granite pour l'une d'elles.

124. Les veines de granite peuvent être considérées sous deux rapports, ou comme attachées à quelques grandes masses de granite, ou comme en étant séparées visiblement. Il est probable que ces espèces de veines ne diffèrent que par les apparences, et qu'elles sont toutes deux liées aux masses de la même roche, quoique la connexion soit visible dans certains cas, et invisible dans d'autres. Quelle que soit la distinction, par rapport à l'objet observé, elle est réelle par rapport à l'observateur; et, comme il est juste, dans une description de faits d'éviter toute hypothèse, je parlerai de ces veines séparément.

125. On trouve dans les îles occidentales de l'Ecosse, particulièrement dans celle de Coll, des veines de granite qui n'ont point, autant qu'on l'a pu observer, de communication avec aucune masse de la même roche; elles traversent les lits de gneiss et de hornblende schisteux, qui composent le corps principal de cette île. Quelquefois elles ont l'épaisseur de plusieurs palmes, et coupent obliquement les plans de strata qui leur sont verticaux. Dans ces veines, le feldspath est prédominant, très-bien cristallisé, et d'une belle couleur de chair. On voit, dans le même endroit, plusieurs veines plus petites; mais on ne rencontre point de grandes

(*) Voyages aux Alpes, tom. 1, § 598, 599.
(**) Ibid. § 601.

genre de cette pierre; mais seulement on établit une différence spécifique, que le lithologiste seul fait connoître, par quelques

---

masses de granite, ni dans cette île, ni dans celle de Tirée, qui la touche (*a*).

126. Le granite de Portsoy, dont nous avons déjà parlé au § 80, forme aussi une veine qui traverse un schiste micacé très-dur, à un mille environ vers l'est de la petite ville de Portsoy, et qui n'a aucune liaison visible avec un bloc de la même espèce. Près du même endroit on a observé plusieurs faits semblables.

Dans l'intérieur du pays, dans les environs de Huntly, à 18 milles à peu près de Portsoy, le même granite se retrouve; mais je n'ai pu savoir si c'est sous forme de veine ou de masse.

127. Les veines de granite sont aussi très-fréquentes dans le Cornwall, et connues par le nom de *lodes*, que l'on donne dans ce pays aux veines métalliques. Les veines de granite coupent souvent les veines métalliques; elles sont remarquables par les fentes qu'elles font, et par le dérangement de direction qu'elles donnent aux métaux. Les veines minérales, particulièrement celles de cuivre et d'étain, vont de l'E. à l'O., et conservent la même direction que la roche elle-meme, qui est un schiste très-dur. Les veines de granite et celles de porphyre, qu'on appelle *elvan* dans le Cornwall, sont à angles droits avec les premières; et on remarque en général qu'elles soulèvent les veines minérales; mais ces dernières rarement, ou jamais, ne soulèvent les autres. Ainsi, dans cette contrée, les veines de granite et de porphyre sont d'une formation postérieure aux

(*a*) J'ai rapporté de ce pays un morceau de granite, qu'on y nomme *marbre de Tirée*, qui prend un beau poli, excepté sur les nodules de hornblende, et dont on fait des meubles et des ornemens.

(*Note du Traducteur.*)

caractères propres, comme appartenant au nom générique de granite.

---

veines métalliques. Il est possible que ces veines de granite soient réunies à la grande masse granitique qui occupe toute la longueur du Cornwall, depuis Dartmoor jusqu'à Land's End. Ce qu'il y a de certain, c'est que leur direction, en général, est telle que, s'il étoit possible de les suivre, on les verroit couper la masse presqu'à angles droits.

128. Les veines de granite, dans le Glentilt, où le docteur Hutton a fait sur ce sujet ses premières observations, ne sont pas, je pense, visiblement attachées à aucune grande masse de la même roche (*). Le lit de la rivière Tilt, à la distance d'un peu plus d'un mille, est entrecoupé par six veines de granite très-considérables, et toutes portant des marques de désordre et de confusion dans les strata, qui indiquent clairement avec quelle violence le granite s'y est introduit. Très-probablement ces veines appartiennent à la grande masse de granite, qui forme, plus au nord, la vaste chaîne des Grampians; mais elles en sont éloignées de quelques milles, et la connexion est peut-être invisible dans l'état actuel de la surface de la terre.

129. La seconde espèce de veines de granite est celle qui, visiblement, vient d'une masse de cette roche, et qui pénètre les strata contigus. Nous avons agité, au § 82, l'importance de cette classe de veines pour fixer la relation qui existe entre le granite et les autres minéraux; et nous avons montré que le granite, quoique dans une position inférieure, est d'une formation plus récente que le schiste qui le recouvre; et que ce dernier, au lieu d'avoir été doucement déposé sur le premier, a été, long-temps après sa déposition et sa consolidation, enlevé de sa position horizontale, et jeté avec force, du bas en haut, par le corps de granite en fusion.

Pour ôter à cet argument toute sa force, on a dit que

(*) Trans. de la Société Royale d'Edimbourg, vol. 3. pag. 77, etc.

Ce

Ce fossile, maintenant défini, existe, comme le *whinstone* et le porphyre, en masses et en

---

ces veines avoient été formées par l'infiltration, quoique, pour donner à cette supposition quelque probabilité, il faudroit prouver que l'eau soit capable de dissoudre les matières du granite; et, quand cela seroit, la direction que prennent les veines dans beaucoup de cas, en sortant du granite, est une preuve, comme nous l'avons démontré au § 82, qu'elles ne sont pas l'effet de l'infiltration.

On a fait une autre objection, et on a dit que ces veines n'étoient pas de véritable granite, d'après la définition des minéralogistes. La force d'un fait ne doit point être atténuée par le changement des noms, ou par l'usage des définitions arbitraires. Le fait général est que la masse granitique et les veines qui en proviennent forment entre elles un corps continu, sans interruption, et sans la plus légère ligne de séparation. L'argument géologique ne considère que cette circonstance; et peu importe si la roche est une siénite, une granitelle, ou un véritable granite. Le phénomène parle le même langage, et conduit à la même conclusion, quel que soit le terme technique employé par le minéralogiste pour le décrire.

130. Il faut pourtant convenir que souvent on observe une différence de caractère entre une masse de granite et les veines qui en sortent; quelquefois dans ces dernières les substances sont mieux cristallisées que dans la première; quelquefois, mais plus rarement, elles le sont moins; et, dans beaucoup de cas, une partie qui entre dans la composition de la masse, semble manquer tout-à-fait dans la veine. Ces variétés, jusqu'à présent, n'ont pu être soumises à des lois générales; mais elles ont servi de preuves, que les masses et les veines ne sont pas de la même formation. On pourroit répondre qu'il ne faut pas toujours s'attendre à une ressemblance parfaite entre des substances, qui, selon

veines, quoique plus souvent sous la première forme. Comme eux, il n'est point stratifié dans

---

toute hypothèse, ont été cristallisées dans des circonstances très-différentes; mais la meilleure réponse est que cette ressemblance se rencontre quelquefois, et tellement qu'on ne peut découvrir la moindre différence entre la masse et la veine; que l'une et l'autre ont les mêmes parties composantes et le même degré de cristallisation. Nous devons maintenant rapporter quelques-uns de ces exemples.

131. Contre l'origine des veines granitiques, qu'on suppose venir de l'infiltration, et contre toute autre formation que la fusion ignée, on peut tirer une objection bien forte des fragmens de schiste, qui sont contenus et parfaitement isolés dans ces veines. Il est difficile de concevoir comment ces fragmens ont pu s'introduire dans les fentes, et s'y sont soutenus jusqu'à ce qu'ils aient été entourés de la matière déposée par l'eau; mais, s'ils y ont été transportés par le granite fondu, tout est expliqué.

Nous allons indiquer quelques places où les phénomènes de veines de granite sont distinctement visibles.

132. L'île d'Aran, remarquable par le grand nombre de faits géologiques du plus grand intérêt, qu'elle renferme dans un très-petit espace, offre plusieurs exemples du schiste pénétré par les veines de granite. Un groupe de montagnes de granite occupe l'extrémité nord de l'île; la plus haute, Goatfield, s'élève à peu près à la hauteur de 3,000 pieds, et sa partie sud est recouverte de schiste jusqu'à la hauteur de 1,100 pieds. De là, ou du point d'où le granite se répand de dessous le schiste, la ligne de jonction s'étend, autant que je l'ai pu observer, autour du groupe de montagnes, par une marche onduleuse et irrégulière; tantôt elle s'élève à un niveau plus haut, et tantôt elle descend à un niveau plus bas que celui que nous avons indiqué. Le long de cette ligne, sur-tout au midi, par-tout où la roche est

sa contexture, et il est considéré ici comme n'étant pas non plus stratifié dans sa structure

---

à nu, et coupée par les torrens, on voit d'innombrables veines de granite s'insinuer dans le schiste, diminuant toujours de largeur, à mesure qu'elles avancent; comme dans beaucoup de cas leur direction vient du bas en haut, elles sont précisément de l'espèce de celles que l'infiltration de l'eau n'a pu produire, même quand ce fluide seroit capable de dissoudre les substances qui les composent. Le docteur Hutton a rapporté du côté sud de la montagne, et du torrent qui la coupe très-profondément, un bloc de schiste, du poids de plusieurs quintaux, pénétré par des veines de granite, qui, elles-mêmes, contiennent des fragmens de schiste isolés.

De ce point, la section commune du granite et du schiste descend vers le côté ouest de la montagne, et s'aperçoit au fond de la profonde vallée de (Glen Rosa), qui détache le Goatfield des collines de l'ouest. La jonction est à découvert dans plusieurs endroits du lit de la rivière qui coule dans cette vallée; et par-tout, plus ou moins, on voit les marques de la violence qui a accompagné l'injection des veines de granite. Plusieurs circonstances rendent ce lieu intéressant au géologue, entre autres l'intersection du granite, un peu plus bas que sa jonction avec le schiste, par une veine de véritable *whinstone* compacte.

Au côté opposé de cette montagne, vers le N. E., on retrouve la même jonction, coupée par une autre petite rivière, la Sannax, qui détermine ici la base de la montagne. Cette jonction n'est pas moins remarquable que les deux autres.

Sans doute l'île d'Aran offre dans plusieurs endroits les mêmes phénomènes; mais je n'ai pas eu occasion de les observer, et dans son excursion, le docteur Hutton n'en a pas rencontré d'autres.

133. On trouve dans le Galloway une autre suite de

extérieure (*). Une des parties intégrantes du granite, le quartz, ne se trouve pas dans le

---

veines de granite, découverte d'abord par le docteur Hutton et son ami M. Clerk, et examinée ensuite plus scrupuleusement par sir James Hall, et M. Douglas, le duc de Selkirk actuel. Les deux derniers ont tracé la ligne de séparation entre une masse de granite et le schiste posé sur elle, dans une étendue de pays d'environ 11 milles sur 7, depuis les bords du lac Ken à l'ouest; et par-tout ils ont trouvé, « que toutes les fois que la jonction du granite avec le schiste étoit visible, les veines du premier, depuis la largeur de 50 verges, jusqu'à la 10[e] partie d'un pouce, s'insinuoient dans le second, sur toutes les directions, de manière à faire croire que le granite de ces veines, et conséquemment celui de la grande masse elle-même, qui ne font qu'un seul et même corps, ont dû couler dans un état mou et liquide, et prendre leur position naturelle (**). » Je me contente d'ajouter que quelques-unes de ces veines sont remarquables par la grande ressemblance de leur granite avec celui de la masse dont elles viennent.

134. Dans l'Invernesshire, entre Bernera et le fort Auguste, le même phénomène se retrouve au côté nord du lac Chloney, où quelques montagnes s'élèvent de

(*) Ces roches formées des substances ci-dessus nommées, sont distinguées du granite, et appelées gneiss, ou schiste granitique, lorsqu'en même temps elles ont une texture schisteuse, et une disposition aux couches. Mais on a demandé s'il n'est pas possible qu'il existe une pierre composée de ces matières sans texture schisteuse, et de plus divisée en vastes lits visibles dans sa forme extérieure. Le docteur Hutton suppose que non, ou au moins, que le rôle qu'elle joueroit dans le règne minéral, ne mérite pas une considération particulière dans des spéculations générales de géologie.

Nous examinerons si cette supposition est bien correcte; il est cependant certain qu'une roche, conforme absolument à celle qui est en question, compose une immense portion de ce qu'on appelle ordinairement montagnes de granite.

(**) Trans. de la Société Royale d'Edimb. vol. 3, pag. 8.

whinstone ; et cette circonstance sert à distinguer un genre de l'autre, quoique, sons d'au-

---

dessous le schiste. En voyageant près de là, lord Webb Seymour et moi, nous fûmes avertis de l'approche d'une jonction de granite et de schiste, par quelques morceaux de schiste détachés, et traversés par des veines de feldspath et de granite. Nous continuâmes notre marche pendant plus d'un mille; et, à la pointe orientale, où la route se détourne, nous aperçûmes, dans le lit d'un ruisseau qui se jette dans le lac Chloney, plusieurs beaux échantillons de veines granitiques, se dispersant dans le schiste en ramifications très-menues.

135. D'après mes propres observations, le dernier exemple que je puisse citer est celui du mont Saint-Michel dans le Cornwall. Cette montagne, entièrement de granite, sort de dessous un schiste micacé très-dur, qui l'enveloppe de tous côtés. A sa base, vers l'ouest, un grand nombre de veines s'échappent du granite, et s'étendent comme des racines attachées dans le schiste : elles sont visibles quand l'eau est basse. Dans les veines les plus petites, les particules de granite, quoique très-fines, sont distinctes ; dans les plus grandes, le granite est mieux cristallisé, et se distingue à peine de celui qui compose la masse de la colline.

Outre ce fait, le Cornwall, probablement, en présente d'autres de la même espèce, que je n'ai pu examiner. Ils doivent se rencontrer sur-tout à Land's End : c'est un promontoire formé d'un centre de granite, recouvert des deux côtés d'un schiste micacé, coupé transversalement par la côte, et où le contact du schiste et du granite est deux fois, par conséquent, exposé à la vue.

L'Ecosse offre aussi d'autres exemples de veines de granite, et quelques-uns ont été cités. M. Jamieson en a vu au fond de la rivière de Spey, dans la vallée de Drummond, à Badenach, et en a donné un dessin gravé (*). Elles traversent les strata dans des directions

(*) Minéralogie des îles d'Ecosse, vol. 2, pag. 173.

tres rapports, ils semblent réunis par une suite de nuances insensibles, depuis le basalte homogène, jusqu'au granite le mieux cristallisé.

---

différentes, et enveloppent des morceaux de schiste micacé. D'après le grand nombre de blocs qu'il a trouvés renfermant des portions de ces veines, il est probable qu'elles sont fort nombreuses dans ce quartier. Le même minéralogiste cite quelques faits de veines semblables dans les îles Shetland (*).

Sir George Mackenzie a observé, dans le Ross-Shire, une grande variété de veines de granite, et quelques-unes d'une grande dimension. Une d'elles particulièrement, dans les environs de Coul, a été supposée, à la première inspection, être une masse isolée, sortant de dessous le schiste; mais, après un mûr examen, on a reconnu qu'elle étoit une partie d'un grand système de veines qui coupent la ligne de schiste micacé dans des directions différentes.

136. Les veines de granite ne sont pas la seule preuve que cette pierre soit plus récente que quelques autres productions du règne minéral. Il n'est pas bien rare de trouver des morceaux de granite contenant des nodules d'autres pierres, comme, par exemple, de gneiss ou de schiste micacé. Tel est celui que Werner dit avoir en sa possession, qu'il considère comme une preuve que le schiste est plus ancien que le granite. Tels sont d'autres échantillons, que j'ai vus en blocs détachés dans le Cornwall, près de Land's End, dans l'Ayrshire, et sur la côte de la mer, entre Ayr et Girvan. Il est impossible de ne pas convenir que la pierre qui contient soit plus moderne que la pierre contenue. Les Neptunistes en conviennent, mais ils disent que tout le granite n'est pas de la même formation; et que, quoique quelques granites soient récens, la majeure partie remonte à la plus haute antiquité; ce qui peut se dire de tout ce qui

(*) Minéralogie des îles d'Ecosse, vol. 2, pag. 216.

78. On vient de dire que le granite existe le plus communément en masses, et ces masses sont rarement placées sur d'autres

---

appartient au règne des fossiles. Cette distinction, cependant, est purement hypothétique; c'est une fiction inventée pour tâcher d'accorder ce fait avec le système de la déposition aqueuse, qu'aucun phénonène ne peut prouver.

2. *Granite de Portsoy.*

137. Le granite de Portsoy présente une des plus singulières variétés de cette pierre, et est remarquable en ce que le feldspath est la substance qui a pris sa cristallisation propre, et a donné la forme au quartz, de manière que ce dernier porte les deux impressions des angles aigus et obtus qui appartiennent à la figure rhomboidale du premier. Les morceaux angulaires de quartz, ainsi modelés sur le feldspath, et placés par lui en rangées, donnent à cette pierre l'apparence d'une écriture alphabétique grossière.

Maintenant, le docteur Hutton soutient que les substances précipitées par solution, et cristallisées paisiblement, ne peuvent être soumises à l'impression réciproque que nous venons de citer; et que cela ne peut avoir lieu que lorsque toute la masse se consolide au même moment, ou presque en même temps (*). Une telle consolidation simultanée ne peut s'effectuer par d'autres moyens que par le refroidissement d'une masse qui a été en fusion.

138. Un granite, rapporté de Daouria, par M. Patrin, et décrit par lui dans le Journal de physique de 1791, page 295, sous le nom de *pierre graphique*, a semblé au docteur Hutton avoir une si grande ressemblance avec le granite de Portsoy, qu'il les a considérés tous

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag 104.

[redacted]

roches : elles sont la base de ce qui repose sur elles, et semblent presque toujours s'élever

---

les deux comme la même pierre, et contenant tous deux du quartz moulé sur le feldspath (*). Il semble cependant, d'après des explications données par M. Patrin, que le docteur Hutton s'est trompé dans ses conjectures; et que, dans la *pierre graphique* du premier, le quartz donne sa forme au feldspath, en conservant sur ses cristaux leur angle naturel de 120 degrés (**). Il est impossible, je pense, de douter de l'exactitude de cette description; et la pierre graphique de Portsoy doit différer beaucoup de celle de Daouria. Cependant, outre leur ressemblance extérieure, elles ont beaucoup d'affinités; car, quoique le quartz, dans la première, soit généralement moulé sur le feldspath, le feldspath reçoit aussi quelquefois l'impression du quartz, et s'y trouve enfermé. On peut considérer ces deux substances comme des variétés; et la pierre graphique de Corse est probablement une troisième variété qui diffère des deux autres.

139. Il sembleroit donc que toutes ces pierres conduiroient exactement à la même conclusion. M. Patrin dit que son échantillon contient des cristaux de quartz, qui, pour la plupart, ne sont que des cases dont l'intérieur est rempli de feldspath. « Le feldspath en masse contient des cristaux quartzeux, qui n'ont, le plus souvent, que la carcasse, et dont l'intérieur est rempli de feldspath; souvent il manque à ces carcasses quelques-unes de leurs faces; et souvent la section de cette pierre, dans un sens transversal aux cristaux, présente une suite de figures qui sont des portions d'hexagones, et qui ne ressemblent pas mal à des caractères hébraïques (***). »

Ces cases de quartz, sous la forme d'hexagones impar-

(*) Journal Britannique (de Genève), 1778, vol. 8. Sciences et arts, p. 78.

(**) Trans. de la Société Royale d'Edimb. vol. 3, pag. 83.

(***) Journal Britannique, *ibid.*

de dessous les strata anciens ou primaires. Quelque part que se trouve le granite, il

---

faits, remplies de feldspath, indiquent certainement la cristallisation de substances qui ont pris toute leur solidité en même temps, et se sont moulées les unes sur les autres. Je me sers des expressions du docteur Hutton, « que le quartz, en se cristallisant, enferme un corps de feldspath, ou que le feldspath, en se durcissant, détermine la forme du fluide quartzeux : si nous avons, comme c'est ici le cas, deux masses solides enfermant et enfermées, tout cela tend à démontrer que ces masses ont passé de l'état de fusion à l'état concret, et qu'elles ne se sont point cristallisées, comme les sels, par la solution (*). »

140. Le quartz dans le granite reçoit généralement les impressions de toutes les autres substances, particulièrement du feldspath et du schorl ; il paroît être un corps si passif, que quelques minéralogistes ont douté si, dans cette pierre, il prend jamais sa propre figure, sinon lorsque quelques cavités lui donnent assez de place pour se cristalliser. Mais il est certain que, outre le granite de Daouria, dont nous venons de parler, il en est d'autres où le quartz est parfaitement cristallisé. De cette espèce sont quelques morceaux trouvés dans une veine de granite, sur la côte occidentale de la colline de Sainte-Agnès, dans le Cornwall. La veine traverse le schiste primitif dont cette colline est composée du midi presque au nord : la pierre est dans la plus grande décomposition, et le feldspath, en général, est presque réduit à l'état d'argile. On trouve dans cette masse décomposée des cristaux de quartz, ayant la double pyramide hexagonale, parfaitement régulière et complette. Le côté de l'hexagone, qui est la base des deux pyramides opposées, varie depuis la 5ᵉ jusqu'à la 10ᵉ partie d'un pouce en longueur, et il

(*) Trans. de la Société Royale d'Édimb. *Ubi supra.*

est donc dessous toutes les roches ; aussi il compose un grand nombre des plus grandes

---

en est de même pour la hauteur de chaque pyramide. Dans quelques échantillons, les deux pyramides ne sont pas sur la même base, mais sont séparées par un prisme hexagonal très-court, quoique régulier. Les surfaces de ces cristaux sont rudes, opaques, et sont souvent traversées par de très-minces aiguilles de schorl. La rudesse vient des petites rigoles qui sont à la surface du cristal, régulièrement placées parallèlement l'une à l'autre, et produites, sans doute, par les impressions des plaques minces de feldspath qui entouroient le cristal, et qui ont fait cette légère dentelure. Ces rigoles ressemblent très-bien aux impressions remarquées par le docteur Hutton dans le granite de Portsoy, et qu'il attribue à la même cause. Il les a représentées dans sa Théorie de la terre, vol. 1, pl. II, fig. 4. L'action et la réaction de deux corps qui se cristallisent, ne peut mieux s'expliquer que par ces deux exemples.

Par-tout où le granite étoit peu décomposé, il étoit difficile de retirer le quartz de la masse où il se trouvoit engagé, et on ne pouvoit l'avoir que par morceaux brisés. Ainsi, la cristallisation du quartz n'a pu être découverte qu'autant que le feldspath a été décomposé ; et il est probable qu'il existe dans beaucoup de granite de semblables cristallisations qu'on ne peut apercevoir.

141. Quelques minéralogistes penchent à croire que la cristallisation régulière du quartz ne peut se trouver que dans les granites secondaires, ou dans ceux d'une formation subséquente à ces grandes masses qui constituent les montagnes de granite. Il est vrai que, dans les exemples rapportés ici, soit du Cornwall, soit de Daouria, les granites qui contiennent des cristaux de quartz, viennent des veines qui entrecoupent le schiste primaire ; et que, dans toute hypothèse, ils sont d'une formation plus moderne que celle du schiste. Mais il ne suit pas de là qu'ils soient moins anciens que les

montagnes; il a la particularité de s'élever plus haut dans l'atmosphère, et de s'en-

grandes masses de granite non stratifiées; ils sont probablement contemporains de ces dernières; il n'y a aucune raison de croire que la cristallisation du quartz soit une indication d'une formation plus récente que celle du feldspath.

3. *Stratification du Granite.*

142. Les différens modes d'existence du granite sont une question encore non résolue parmi les minéralogistes. 1°. On admet généralement qu'il existe comme une pierre schisteuse d'une texture feuilletée, en gneiss et en *granite veiné*, quoique, dans cet état, le nom de granite lui soit en général refusé. 2°. On reconnoît également qu'il se montre souvent sans aucune indication de texture feuilletée, et nullement stratifiée. 3°. On vient de le montrer sous la forme de veines traversant les strata. Son seul mode d'existence, sujet à discussion, est celui où on soutient qu'il est stratifié dans sa configuration extérieure, mais non schisteux dans sa texture. Sur ce point, les minéralogistes ne sont pas d'accord; le docteur Hutton prétend que ce n'est pas là l'apparence habituelle du granite. Lorsque sa structure n'est pas schisteuse, il suppose qu'il n'est nullement stratifié, et il le considère comme un corps, qui, semblable au *whinstone*, a été originellement dans un état de fusion ignée, et dans cette condition injecté dans les strata. L'école de Werner, d'un autre côté, soutient que le granite est, sinon toujours, au moins généralement stratifié, et disposé en lits, quelquefois horizontaux, quoique plus souvent verticaux, ou très-inclinés.

Pour avoir une opinion dans une discussion où les grandes autorités sont opposées, un homme ne peut s'appuyer que sur ses propres observations, et doit

[redacted]

foncer dans la terre plus profondément qu'aucune substance minérale qui nous soit connue.

---

s'estimer heureux si elles conduisent à quelques conclusions exactes. Mes observations, d'un côté, m'éloignent de l'opinion du docteur Hutton, et de l'autre, de l'opinion des Neptunistes, puisqu'elles me convainquent que le granite forme des strata par-tout où il n'a pas le caractère du gneiss; et, en même temps, elles me font soupçonner que la stratification des montagnes de granite, avancée par les Neptunistes, est, dans beaucoup de circonstances, ou une illusion, ou au moins quelque chose de bien différent de ce que nous entendons par stratification dans les autres pierres.

Le premier exemple que j'ai vu d'un granite stratifié, sans caractère de gneiss, a été à la forêt de Chorley, dans le Leicestershire. La plus grande partie de la forêt repose sur un schiste de pierre de corne, primaire et vertical; et, sur son extrémité orientale, particulièrement près le mont Sorrel, sont des lits de granite, gardant la même direction que ceux de schiste. La pierre est un granite réel, et n'a, dans sa structure intérieure, aucune apparence schisteuse ou lamelleuse; et, ce qu'il faut bien remarquer, ses lits ne sont pas plus épais que ceux des strata de pierre de corne qui les environnent. Ce granite est remarquable aussi pour être serré par les strata secondaires de pierre de sable; je n'ai point aperçu leur point de contact, mais je les ai vus se suivre à peu de distance l'un de l'autre; de sorte que je ne crois pas vraisemblable qu'il y ait une roche intermédiaire. Tout en affirmant l'existence de cette roche de granite en strata réguliers, je dois avouer qu'un minéralogiste très-intelligent, qui a vu ces roches en même temps que moi, et dont les yeux sont familiarisés avec les observations géologiques, a conservé des doutes sur ce fait.

143. Un autre granite réel, disposé en lits réguliers,

Malgré l'absence d'alternative avec les corps stratifiés, qui établit une différence remarquable entre lui et le *whinstone*, la ressem-

---

mais sans caractère de gneiss, est celui que j'ai observé dans le Berwickshire, à Lammermuir, près le village de Priestlaw. La petite rivière de Fassnet coupe les lits en travers, et rend facile l'observation de leur structure. Les lits ne sont point très-épais, ils vont du S. S. O. au N. N. O., comme le schiste qui se trouve des deux côtés. J'étois dans ce moment avec sir James Hall; nous avons examiné ces lits avec la plus grande attention; et, après les avoir suivis l'espace de plus d'un mille dans le lit de la rivière, nos opinions, si je ne me trompe, se sont trouvées précisément être les mêmes.

144. Ce qui existe dans deux circonstances peut exister dans beaucoup d'autres; et, après ces données, je serois coupable d'une grande inconséquence, en me refusant aux assertions de Pallas, de Deluc, Saussure, et des autres minéralogistes qui représentent si souvent le granite sous la forme de strata. Dans quelques cas, cependant, il est certain que la stratification dont ils parlent est bien différente des deux faits mentionnés, et même de tout ce qui par-tout est connu sous le nom de *stratification*. Par exemple, on peut regarder comme équivoque et fort douteuse une stratification qui n'a été découverte qu'après une suite de recherches faites pendant plus de vingt années par les minéralogistes les plus habiles et les plus distingués. Telle est, sans doute, la stratification du Mont-Blanc, et des montagnes de granite qui l'environnent, qui a échappé aux yeux de Saussure, dans les excursions réitérées qu'il a faites pendant le même nombre d'années. Ce ne fut que vers la fin de tant de travaux, auxquels les géologues de tout âge sont si redevables, que, gagnant le sommet du Mont-Blanc, il aperçut, ou crut apercevoir la stratification des montagnes de granite. Les aiguilles qui bordent la vallée de Chamouny, et le Mont-Blanc lui-même,

blance de ces fossiles suffit pour croire que leur origine est semblable. D'après la théorie du

---

paroissent formées de vastes masses tabulaires de granite, dans une position presque verticale, et si exactement parallèles, qu'il n'a pas hésité de leur donner le nom de strata. Jusqu'à ce moment, ces mêmes montagnes, vues d'un point plus bas, avoient été considérées par lui comme composées de grandes plaques de roches, à la vérité presque verticales, mais appliquées comme autour d'un axe, et ressemblant aux feuilles d'un artichaut (*); et les fissures qui les séparent l'une de l'autre, comme des effets de la ruine et de la dégradation. « Mais alors, dit-il, en parlant de la vue qui s'est présentée à lui sur le sommet du Mont-Blanc, j'ai été convaincu que ces montagnes sont entièrement composées de grandes plaques de granite, perpendiculaires à l'horizon, et dirigées du N. O. au S. O. Trois de ces plaques, séparées l'une de l'autre, forment la pointe de l'aiguille du midi, et d'autres semblables, décroissant graduellement en hauteur, composent son escarpement vers le même côté (**). »

145. Saussure s'est tellement laissé emporter par les apparences de ce qu'il regardoit comme une stratification régulière, semblable à celle que peut produire l'eau, et qui a dû être au commencement horizontale, que, placé comme il l'étoit alors, sur un des points les plus élevés du globe, il s'est persuadé hardiment, que le sommet sur lequel il étoit avoit été enfoui sous la surface, à la profondeur au moins de la moitié du diamètre de la montagne, et avoit été éloigné horizontalement de sa place actuelle de toute la hauteur au moins de la montagne entière; que les lits de granite qui la composent avoient été élevés de leur position horizontale par quelque puissance immense, et avoient tourné comme autour

(*) Voyages aux Alpes, tom. II, § 910, etc.

(**) Voyages aux Alpes, tom. IV, § 1996.

docteur Hutton, le granite est regardé comme une pierre de plus récente formation que

---

d'un axe, jusqu'à ce qu'ils eussent atteint le plan vertical. Dans cette notion, qui convient si bien à la nature des montagnes composées de strata verticaux, et qui fait tant d'honneur à Saussure, il est étonnant qu'il n'ait point vu le renversement du système géologique qu'il avoit adopté, qui est dépourvu de moyens propres à expliquer ces grands effets.

Telles ont donc été les idées suggérées à Saussure, par la vue des montagnes des Alpes, du point le plus élevé de leurs sommets. Sa grande expérience, la connoissance exacte des objets qu'il avoit devant lui, et la facilité d'échapper aux illusions qui trompent l'œil à la vue des grandes chaînes de montagnes, tout conspire à donner le plus grand poids à son opinion. Cependant, comme cette opinion est contraire à celle qu'il a eue lui-même si long-temps, il est prudent, avant de s'y soumettre avec confiance, de la voir se vérifier par de nouvelles observations. Il paroît bien certain que les lits de roches, décrits ici diffèrent, de tous les strata ordinaires horizontaux, ou verticaux, sous le rapport de leur grande épaisseur, puisque trois sont suffisans pour former le corps principal de la montagne. On ne peut aisément s'assurer de leur parallélisme; et ils ont tout au plus une légère ressemblance avec ces lits, que l'on reconnoît être produits par l'eau.

146. Il est difficile de s'assurer du parallélisme; car, par la grandeur des objets et la difficulté de les approcher, il est impossible de placer l'œil dans une situation où il ne soit pas plus proche d'une partie des plans qui doivent faire juger le parallélisme, que de l'autre. Certainement, on peut soupçonner la cause qui a pu rendre, plus exact en apparence qu'en réalité, le parallélisme des plaques de granite qui composent les aiguilles, dans la vue prise d'un point aussi élevé que le sommet du Mont-Blanc. Car, en supposant même exacte

celle des strata qu'il porte ; comme une substance qui a été fondue par la chaleur,

---

la comparaison de ces plaques avec les feuilles de l'artichaut, en supposant la convergence des plans de leur séparation l'un vers l'autre, en gagnant le haut, si on les regarde d'un point encore plus élevé, cette convergence doit diminuer, et, par l'effet de la perspective, être changée en parallélisme. Nous ne pouvons à présent déterminer les effets qu'a pu produire cette source d'erreurs.

Les observations de Saussure sur la stratification du granite, ne sont pas pourtant toujours combattues par ces objections; et il semble qu'on ne peut guère lui en faire sur l'assertion de la stratification du granite du Saint-Gothard. Le gneiss et le schiste micacé, qui constituent la partie la plus basse de cette montagne, sont suivis d'un granite, sans aucune apparence schisteuse, mais divisé en larges plaques, exactement parallèles aux lits du gneiss. Il regarde cela comme des strata réels. En les examinant en détail, il dit qu'on observe de grandes irrégularités, mais qui ne sont pas plus considérables que celles de la pierre de chaux ou du schiste micacé (*). On peut conclure, de là, que ces feuilles de granite ne sont pas aussi épaisses que celles que l'on compare aux lits de formation aqueuse ; et je suis disposé à croire que le granite du Saint-Gothard, dans cette partie au moins, est stratifié. La transition du gneiss au granite *en masse* n'est pas rare : Saussure l'a observée dans plusieurs circonstances, et nous allons nous en occuper plus particulièrement.

147. On trouve aussi, dans notre propre pays, des montagnes qui offrent des difficultés sur la stratification du granite. C'est dans l'île d'Aran, par exemple, la montagne de Goatfield, que j'ai déjà citée comme abondante en veines qui traversent le schiste, et qui semblent

(*) Voyages aux Alpes, tom. IV, § 1830.

et qui, en s'échappant du fond des régions minérales, a élevé en même temps les strata.

---

l'attacher à la roche qui le couvre; lorsque je visitai cette montagne, dans l'intention de vérifier les observations que le docteur Hutton avoit faites dans cet endroit intéressant, elle me parut sans le moindre vestige de stratification dans sa partie granitique, ainsi que tout le groupe de montagnes auquel elle appartient. Cependant, ce n'a pas été sans beaucoup de surprise, que j'ai lu dernièrement, dans une description de cette île, donnée par un savant et ingénieux minéralogiste, que le Goatfield étoit composé de granite stratifié (*).

L'impression que m'a faite l'apparence de cette montagne est absolument le contraire; et, quoique j'aie vu de grandes masses tabulaires, quelquefois presque verticales, séparées par des fissures, elles m'ont paru trop irrégulières, d'une trop petite étendue en longueur et en hauteur, et beaucoup trop épaisses pour avoir pu les juger être des effets de stratification. Néanmoins, je ne voudrois pas qu'on crût que je mets mes observations en opposition avec celles de M. Jamieson. Dans mon excursion à Aran, je n'ai pas dirigé mes recherches vers ce point: l'apparence générale des roches ne m'a pas donné l'idée de le faire; et je n'étois pas parfaitement instruit du grand nombre de minéralogistes qui insistent sur la stratification du granite: de manière que je me suis occupé des autres phénomènes intéressans qui abondent dans cette petite île. Ainsi, ma croyance sur les apparences qui m'ont semblé refuser une stratification au granite d'Aran, ne va pas plus loin que le doute sur les conclusions de M. Jamieson, comme sur les miennes, jusqu'à ce que l'occasion se présente de vérifier les unes et les autres par de nouvelles observations.

148. Quoique la stratification du granite ne fasse pas

(*) Minéralogie des îles d'Écosse, vol. 1, pag. 35, 36.

79. La structure cristalline de quelques parties qui composent le granite, prouve son

---

partie du système du docteur Hutton, elle ne jette aucune difficulté dans sa théorie. Les roches dont les parties sont très-cristallisées, sont déjà admises comme appartenant aux strata, telles que le marbre, le gneiss, et le granite veiné. Dans les deux derniers, nous avons non seulement la stratification, mais encore la structure schisteuse unie à la cristallisation; et certainement on ne peut voir nulle part mieux combinés, et les effets de la déposition par l'eau, et ceux de la fluidité par le feu. Ainsi, la stratification de ces substances est plus extraordinaire que celle même du granite le mieux cristallisé. On ne peut mieux expliquer ni l'une ni l'autre, qu'en supposant que, pendant que la chaleur produisoit un degré de fluidité capable de permettre au corps de se cristalliser en refroidissant, une grande pression, agissant de tous côtés, a tenu toute la masse dans sa place, de manière à lui conserver la forme que la mer lui avoit donnée originellement. Cependant, comme nous ne pouvons pas supposer que l'intensité de la chaleur, ou la fusibilité de la substance, ont été exactement les mêmes dans toutes les parties du stratum, nous devons nous attendre à trouver dans le même stratum, ou dans le même corps de strata, quelques marques de stratifications entièrement oblitérées, tandis que, dans d'autres, elles restent entières. C'est ainsi que le granite veiné, ou ce que, suivant moi, on devroit appeler schiste granitique, se change souvent et graduellement en granite en masse, c'est-à-dire, en granite sans texture schisteuse, sans fissures. Saussure dit que, pour le granite, qu'il soit veiné ou non, c'est dans beaucoup de cas, un pur accident (*); comme dans le centre des roches de cette substance, qui ont des fissures, on voit souvent d'énormes portions qui ne

(*) Voyages aux Alpes, tom. IV, § 2143.

passage de l'état fluide à l'état solide. Cette cristallisation est sur-tout remarquable dans

---

portent aucun signe de stratification. Nous avons, dans les roches de granite de l'Ecosse et des îles adjacentes, des exemples de ce phénomène, qui est fréquent dans les Alpes. Je sais que le docteur Hope en a rencontré plusieurs dans une excursion minéralogique qu'il a faite dernièrement dans les îles Hébrides. Certainement, lorsque des roches ont subi une fusion capable de les cristalliser, et une compression, en même temps, qui les a laissées dans la forme de stratification, elles ont été évidemment sous la loi du changement; deux forces opposées étoient presque balancées, chacune usoit de tout son pouvoir sans vaincre l'autre entièrement, de sorte qu'une légère altération dans les conditions peut avoir produit une grande altération dans les effets. De là la transition subite d'une texture stratifiée à une texture non stratifiée, qu'on ne rencontre que dans les roches très-cristallisées, et qui ont été soumises à l'action la plus violente des pouvoirs minéralisans.

149. Quoique la stratification du granite, ou le mélange de roches de cette espèce stratifiées et non stratifiées, soit non seulement d'accord avec les principes de la géologie Huttonienne, mais même qu'elle ait pu en être déduite comme un corollaire avant les observations, on peut la considérer comme contraire à la théorie des veines de granite que nous venons d'exposer. Un stratum, quoique dans l'état de mollesse et de fluidité, n'a pu s'échapper avec violence dans les strata environnans, ni répandre des veines dans leur intérieur. Il est possible que, comprimé par une autre stratum moins fluide que lui, il ait rempli les fissures ou fentes qui se trouvoient dans l'autre; mais il auroit difficilement produit des veines si grandes, et d'une longueur assez considérable pour passer du granite dans le schiste, et n'auroit laissé aucunes traces de bouleversement. Si, cependant, on avoit trouvé des veines

le feldspath et dans le schorl, par-tout où ils s'unissent à cette substance, soit en fines

---

sortant d'un granite stratifié, comme celles de la forêt de Chorley ou de Lammermuir, leur explication seroit encore un vœu à faire en géologie. Assurément, la théorie Neptunienne de la filtration pourroit leur être applicable comme à toute autre veine ; car elle n'a que peu de rapports avec les conditions du phénomène à expliquer. A la vérité, il est très-difficile de fixer des limites aux explications que cette théorie peut fournir; et un Neptuniste seroit fort embarrassé de démontrer, d'une manière raisonnable, pourquoi l'infiltration n'a pas produit de veines de schiste coulant l'une dans l'autre, ou de veines de schiste s'insinuant dans le granite, comme celles de granite s'insinuent dans le schiste. Ce seroit pour lui une tâche bien pénible de restreindre l'activité de sa théorie, et de borner ses assertions aux choses seules qui existent réellement.

150. Comme le système Huttonien n'est pas fondé sur des théories d'une semblable versatilité, il lui seroit assez difficile de rendre raison des veines d'une grande dimension qui sortiroient d'une roche distinctement stratifiée, et qui porteroient des marques du bouleversement de la roche à travers de laquelle elles passent. Je suis tenté de croire cependant que cette difficulté ne se présentera jamais, et que les veines de granite ne viennent pas des roches qui sont réellement stratifiées, mais de celles que l'eau n'a jamais déposées, et où les apparences de la stratification, s'il en existe, sont toutes illusoires. Cette conclusion anticipée exige néanmoins vérification par de futures observations; et il reste encore à savoir si les veines accompagnent toujours les strata réels granitiques, ou si elles sont particulières à ceux où les apparences de lits réguliers sont douteuses, ou manquent totalement. La décision de cette question est un objet digne de la plus grande attention de la part des géologues.

151. Dans un ouvrage déjà cité, nous avons parlé de

aiguilles, soit en grandes lames. Le quartz lui-même est cristallisé dans quelques cas, et

---

l'argument dirigé tout à la fois contre l'origine ignée et contre la nature non stratifiée de tout granite : « Si le granite a coulé du bas en haut, comment arrive-t-il qu'après avoir percé à travers les strata de schiste micacé, etc., il n'ait pas inondé la contrée adjacente ? Si cette hypothèse était vraie, le Mont-Blanc n'auroit jamais existé (*). »

Une théorie n'est jamais plus mal traitée que lorsqu'on en sépare toutes les parties faites ponr se porter un mutuel secours, et que chacune d'elles est abandonnée à sa force ou à sa foiblesse. C'est pourtant ce que l'on fait dans cet exemple. Car la théorie du docteur Hutton ne seroit digne d'aucune considération, si elle étoit fondée sur des artifices capables de faire supposer que le granite a été originellement fluide, sans cependant trouver les moyens d'empêcher ce fluide d'inonder les strata, et de se placer dans un plan horizontal. La vérité est que sa théorie, en établissant que cette pierre a été en fusion, suppose en même temps qu'elle l'a été de manière à pouvoir être injectée dans les strata déjà consolidés; qu'elle les a élevés, et qu'elle a été formée dans la concavité, comme dans un moule. Ainsi, en ne supposant pas le Mont-Blanc stratifié, on le conçoit sous la forme d'une masse qui a été fondue sous les strata par la chaleur souterraine, et qui, chassée vers le haut par une force que l'on peut comparer à celle qui a lancé les planètes dans leur orbite; orbite qui a élevé les strata qui la couvroient, et est restée enfermée parmi eux de tous côtés.

152. Cette couverture de strata, ainsi élevée, a pu éclater en pièces au sommet, où la courbure et l'élévation ont été les plus grandes ; mais la masse fondue en dessous a pu déjà avoir acquis de la solidité, et être

(*) Minéralogie des îles de l'Ecosse, vol. II, pag. 166.

peut-être plus souvent qu'on ne le suppose généralement. La fluidité du granite, dans

---

soutenue par les lits de schiste qui pesoient sur elle de tous côtés. Ce schiste, formant la croûte extérieure, a été immédiatement soumis à la cause de la destruction et de la décomposition, qui, depuis long-temps, ont dépouillé le granite d'une partie de sa couverture, et exercent maintenant leur pouvoir sur la masse centrale. C'est ainsi que le Mont-Blanc même, aussi bien que les autres montagnes non stratifiées, a été couvert autrefois de schiste; ce qui ne paroîtra pas extraordinaire, si nous considérons jusqu'à quelle hauteur le schiste existe encor sur ses côtés et sur les montagnes voisines. Lorsque nous réfléchissons sur les apparences de ruine et de dégradation que ces lieux offrent, nous sommes certains que le schiste a dû monter beaucoup plus haut, que le point où il est à présent.

Cependant, lorsque les parties correspondantes sont rapprochées, et placées dans leur ordre naturel, on ne peut reprocher à ce système de n'être point d'accord avec l'*existence* des montagnes de granite. Je ne prends aucun plaisir dans les ouvrages de controverses; et, malgré tous les avantages que donnent toujours à un avocat des attaques foibles, je me contente de gémir de ce que les ennemis du docteur Hutton ont mis plus de chaleur pour réfuter que pour comprendre sa théorie.

153. On a chaudement contesté sur la remarque que le docteur Hutton a faite au sujet de la quantité de granite qui paroît à la surface, comparée avec celle des autres corps minéraux. Après avoir affirmé que la plus grande partie des roches indiquent que leur formation vient de la ruine et de la décomposition d'autres roches, il soutient que le granite (pierre qui ne porte point de ces sortes d'indications) ne fait pas, à en juger d'après les apparences, la dixième, ni peut-être la centième partie du règne minéral (*). M. Kirwan

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 211.

quelques-unes des premières périodes de son existence, est si évidente, qu'on peut trou-

---

prétend que cette estimation est fausse, et que la quantité de granite, visible à la surface, surpasse de beaucoup celle qu'on vient de supposer (*). La question est sûrement de bien peu d'importance pour l'établissement de la théorie du docteur Hutton : il est évident aussi qu'une estimation, qui varie depuis une dixième jusqu'à une centième partie, ne peut présenter rien de précis: cependant il ne sera peut-être pas tout-à-fait inutile de montrer que la vérité probable de cette estimation se rapproche plus de la petite que de la grande quantité.

154. Quoique le granite forme une partie, et généralement la partie centrale de toutes les grandes chaînes de montagnes, il occupe ordinairement beaucoup moins d'étendue à la surface que le schiste primaire. Ainsi, dans les Alpes, si on tire une ligne depuis Genève jusqu'à Ivrée, elle donnera une longueur de 85 milles géographiques, et mesurera la largeur de cette formidable chaîne de montagnes, dans le lieu de sa plus grande élévation. D'après les observations de Saussure, qui a traversé les Alpes exactement dans cette direction, on peut voir que le granite, dans le voisinage du Mont-Blanc, n'occupe pas moins de 9 milles de cette ligne, ou à peu près sa dixième partie.

Dans quelques coupes des Alpes, le granite ne paroît pas du tout. Ainsi, sur la route de Chambéry à Turin, par le Mont-Cénis, ce qui fait une étendue de 99 milles, il n'y a point de granite, de celui au moins qui se présente distinctement en masse, et diffère du gneiss ou du granite veiné (**).

Dans d'autres lieux de ces mêmes montagnes, le granite est plus abondant. Une ligne tirée du lac de Thun, le long du cours de l'Aar, et au dessus des montagnes

(*) Essais géol. pag. 480.

(**) Voyages aux Alpes, tom. III, § 1190, etc.

[redacted]

ver extraordinaire qu'on l'ait toujours considéré comme un fossile qni n'a point éprouvé

---

jusqu'à l'extrémité du lac Majeur, traverse une chaîne très-élevée, et passe par les sources du Rhône, du Rhin et du Tesin, qui se jette dans le Pô. On découvre là, dans les montagnes de Grimsel et du Saint-Gothard, une immense quantité de granite; mais la plus grande partie est veinée, le granite en masse est renfermé principalement dans le côté nord du Grimsel. L'un et l'autre n'occupent guère plus que la troisième partie de la ligne, et la dernière espèce moins que la sixième.

Dans l'essai minéralogique des Pyrénées de l'abbé Palasso, se trouve une carte de ces montagnes. J'ai calculé d'après elle, que le granite ne couvroit pas $\frac{1}{5}$ de la surface horizontale sur le côté nord de la chaîne, et cela depuis une extrémité jusqu'à l'autre. Même dans le centre des Pyrénées, plusieurs grandes chaînes ne contiennent aucun granite; et plusieurs des plus hautes montagnes ne sont composées que de schiste calcaire. Il faut encore déduire de ce $\frac{1}{5}$ toutes les substances inconnues qui, dans la construction de cette carte, sont souvent confondues avec la chaîne granitique.

155. On peut ajouter d'autres estimations de la même espèce, toutes, il faut l'avouer, fautives et imparfaites, mais qui conduisent toujours par le calcul à une idée plus exacte de la limite que par de simples mots; et, après tout, il paroît que, si on dit que la proportion du granite au schiste est comme 1 à 4, nous ne diminuons pas l'étendue du premier.

Suivant les cartes et les rapports des voyageurs, on peut à peu près estimer dans quelle proportion les roches primaires et secondaires couvrent la surface de la terre. En suppléant à ce qui manque à l'exactitude des mesures par toutes les suppositions qui m'ont paru probables, j'ai trouvé que $\frac{1}{11}$ environ de la surface de l'ancien continent étoit recouvert par les montagnes primitives. Si nous en ôtons $\frac{1}{5}$, nous avons $\frac{1}{55}$ pour la partie

de changement, et dont il n'étoit pas nécessaire de rechercher l'origine. Si les formes

---

de la surface prise par les roches de granite, ce qui ne diffère pas beaucoup de la plus petite estimation données par le docteur Hutton.

156. En estimant le granite de l'Ecosse, le docteur Hutton a erré considérablement (*); et M. Kirwan, qui le combat toujours, est ici plus près de la vérité, quoique par hasard; car la marche qu'ils ont suivie est vague et erronée.

Les endroits où l'on trouve le granite en Ecosse sont bien connus; mais l'étendue des plus importans n'est pas bien fixée dans la partie méridionale, excepté le granite de Galloway, qui présente deux chaînes assez longues; il n'y en a pas d'autres d'une certaine étendue. Le granite du nord s'étend sur un vaste pays. Si nous supposons une ligne tirée de quelques milles au sud d'Aberdeen, jusqu'à quelques milles au sud du fort William, elle tracera la chaîne des Grampians dans toute son étendue, en passant au-dessus des terrains les plus élevés, et par les sources des plus grandes rivières en Ecosse. Le long de cette ligne se trouvent plusieurs montagnes de granite, et une grande chaîne où le granite est la roche qui domine. Cependant il se rencontre des espaces immenses sans granite, quoique, si on peut employer le langage théorique, et si la question ne devient pas un pur objet d'observation, nous puissions supposer que, dans aucune partie de cette chaîne centrale, le granite soit loin de la surface, et que dans quelques endroits il puisse être recouvert par le schiste.

157. Une grande partie des Grampians est vers le

(*) Le docteur Hutton, dans ce cas, fait une estimation très-inexacte. Il dit que le granite n'occupe guère que la 500e partie de la surface. Toute la surface de l'Ecosse n'a pas beaucoup plus de 23,000 milles géographiques, la 500e partie est juste 46; et dans le Kirkendbrightshire seul, le granite couvre plus d'espace, comme on peut le voir d'après ce qui a été dit au § 282.

[redacted]

régulières de cristallisation ne prouvent pas que la substance à laquelle elles appartien-

---

côté sud de la ligne supposée ; mais à peine y trouve-t-on d'autre granite que quelques veines comme celle de Glentilt. Au nord de cette ligne, le granite prend différentes directions ; si on trace une ligne du fort William jusqu'à Inverness, la figure quadrilatère, terminée des deux côtés par ces lignes, et des deux autres côtés par la mer, contiendra beaucoup de granite, et des districts entièrement composés de cette pierre. C'est dans le fait la grande contrée granitique de l'Ecosse : c'est une longue chaîne contenant à peu près 5170 milles carrés géographiques, ou à peu près la septième partie du tout : mais la portion couverte par le granite ne peut être à présent déterminée avec exactitude, et ne le sera pas jusqu'à ce que quelques minéralogistes trouvent l'occasion d'examiner le cours des grandes rivières, la Dée, la Spey, etc., qui traversent ce pays. Si nous croyons cette portion le $\frac{1}{4}$ de toute la surface, son étendue n'est certainement pas trop peu estimée, et montera à près de 790 milles carrés ; en y ajoutant 150 pour les autres granites contenus en Ecosse, sans compter celui des Isles, nous aurons 940 milles carrés entre la vingt-quatrième et la vingt--cinquième partie de la surface du tout.

Il faut observer que cette supputation ne mène à rien de précis ; mais je pense qu'elle est de nature, si elle étoit plus exacte, à diminuer plutôt qu'à augmenter la proportion qu'on accorde à la roche de granite.

158. Ce résultat, peut-être, n'est pas plus heureux que la notion de M. Kirwan, puisqu'il excède l'estimation faite par le docteur Hutton. Si ce n'est pas le cas, et si le premier dans cette circonstance s'est approché le plus de la vérité, il ne faut point en faire honneur à l'exactitude de ses recherches, ni à la solidité des principes qui l'ont guidé. M. Williams, qu'il cite, étoit un mineur de beaucoup d'habileté et d'expérience dans

nent a passé de l'état fluide à l'état solide, les figures des coquilles et d'autres pétrifica-

---

sa profession, et qui, sans en sortir, auroit pu écrire un livre fort utile. Ce qu'il dit du granite me paroît au total juste, mais il généralise trop pour autoriser la conclusion qu'en tire M. Kirwan. Le docteur Ash, dont je respecte beaucoup le jugement, lorsqu'il se sert de l'expression de roche granitique, n'a pas pensé, je présume, au granite strictement nommé ainsi. Il dit, dans le passage cité par M. Kirwan, que, « depuis Galloway, Dumfries et Berwick, il y a une chaîne de montagnes communément schisteuse, mais souvent aussi granitique. » Le fait est que le grand lit de roche primaire dont on parle, qui traverse le sud de l'Ecosse, est formé par un schiste vertical de différentes espèces; mais, excepté à Galloway et à Lammermuir, près Priestlaw, il paroît, comme nous l'avons démontré, ne contenir aucun granite. Si le minéralogiste allemand, cité par M. Kirwan, en disant que les Grampians sont formés de pierre de chaux micacée de gneiss, de porphyre, d'argile et de granite, alternant l'un avec l'autre, n'a que la seule intention d'affirmer que toutes ces substances sont sur les Grampians, il est sûr qu'il a raison, et qu'on peut augmenter ce catalogue; mais, s'il veut dire qu'elles sont dans une abondance égale, ou que le granite est ordinairement trouvé en strata, alternant avec d'autres strata, je dois avouer que ce sont autant de propositions contraires à tout ce que j'ai vu dans ces montagnes, et à tout ce que j'en ai entendu dire. Mais il est probable que ce n'est pas là son dessein, et que la faute vient d'une mauvaise interprétation d'expressions trop littérales. M. Kirwan accuse le docteur Hutton de ne pas savoir où chercher le granite; il ne fait pas attention, malgré les erreurs commises dans l'estimation qui nous a occupés, combien il étoit habile dans l'art des observations minéralogiques, art que ne peuvent bien apprécier ceux qui n'en ont pas la pra-

tions ne peuvent servir non plus d'indications pour le passage du règne animal au règne minéral. Alors il ne faut plus s'occuper de théories géologiques, ni raisonner sur l'ancienne condition du globe. Ce n'est point par la théorie que nous expliquons maintenant, qu'on pourroit répondre à un argument qui saperoit les fondemens de toutes les théories possibles.

80. Quoi qu'il en soit, nous considérons, comme admis, que les matières du granite ont été originellement fluides, et de plus nous pensons que cette fluidité n'a pas été simplement celle d'élémens pris séparément, mais celle de toute la masse. Cette dernière conclusion suit de la structure de ces échantillons, où une des substances reçoit l'impression d'une forme particulière à une autre substance. Ainsi dans le granite de Portsoy (*), que le docteur Hutton a si minutieusement décrit, le quartz est imprimé par le cristal rhomboïdal de feldspath, et la pierre, ainsi formée, est compacte et très-consolidée. Donc

---

tique; mais, quelque imparfaite qu'ait été l'instruction de M. Kirwan sur ce sujet, il se donne ici la bonne fortune de corriger un minéralogiste qui lui est bien supérieur. La simple disposition à la dispute ne suppose pas toujours l'ignorance de la matière : tout homme est sujet à l'erreur, et le parti d'attaquer sans réserve toutes les opinions d'un individu, est un secret infaillible pour avoir quelquefois raison.

(*) Théorie de la Terre, vol. 2, pag. 104.

le granite n'est pas un amas de parties qui, après avoir été formées séparément, se sont réunies et agglutinées d'une manière ou d'autre; mais il est certain que le quartz, au moins, étoit fluide, lorsqu'il a été moulé sur le feldspath. Dans d'autres granites, les impressions des substances l'une sur l'autre sont dans un autre ordre, et le quartz donne sa forme au feldspath. Ce cas, pourtant, est moins ordinaire : le quartz est la substance qui reçoit l'impression de tout ce qui l'entoure; et souvent les aiguilles de schorl le traversent ainsi que le feldspath (*a*).

Les parties du granite ont donc été fluides lorsqu'elles se sont mélangées, ou au moins lorsqu'elles sont venues en contact. Cette fluidité n'a pas été l'effet d'une solution menstruelle; car dans ce cas, une espèce de cristal ne doit pas faire impression sur une autre, mais avoir chacune sa forme particulière.

81. La parfaite consolidation de beaucoup de granite fournit un argument en faveur du même effet. Car, selon ce que nous avons déjà observé, en traitant des strata, lorsqu'une substance se cristallise, ou passe de l'état fluide à l'état solide, elle n'est point exempte de porosité, et peut encore moins remplir par-

(*a*) J'ai, dans ma collection, un morceau de cristal de roche traversé par des aiguilles de titane, et d'autres morceaux par des aiguilles d'antimoine.

(*Note du Traducteur.*)

faitement tout l'espace d'une forme donnée, si elle a en même temps un dissolvant qui s'en sépare; parce que le dissolvant, occupant un certain espace, doit le laisser vide, lorsqu'il s'éloigne par l'évaporation, ou autrement. C'est pourquoi l'ajustement exact de la forme d'une rangée de corps cristallisés sur la forme d'une autre rangée, comme dans le granite de Portsoy, et leur consolidation dans une seule masse, est la preuve la plus forte qu'on puisse donner d'une cristallisation opérée dans l'état de fluidité simple, comme celle que la chaleur seule, parmi toutes les causes connues, peut produire.

82. Cette conclusion, au reste, ne repose pas sur une seule classe de faits. On a remarqué souvent que, lorsque le granite et les roches stratifiées, comme le schiste primaire, sont en contact, les veines de granite pénètrent l'autre roche, et la traversent dans différentes directions. Ces veines sont d'une dimension variée, quelques-unes sont de la largeur de plusieurs verges, d'autres de quelques pouces, ou même de la dixième partie d'un pouce; elles diminuent à mesure qu'elles s'éloignent du corps principal du granite, auquel elles sont toujours intimement unies comme faisant en effet partie de la même roche.

Ces phénomènes, qui ont été observés distinctement par le docteur Hutton, sont d'une grande importance en géologie et donnent une solution claire des deux questions prin-

cipales qui concernent la relation qu'on remarque entre le granite et le schiste. Chaque veine devant être d'une date postérieure à celle du corps qui la contient, il s'ensuit que le schiste n'a pas été posé sur le granite après la formation de ce dernier. Si on soutient que ces veines, quoique postérieures au schiste, sont aussi postérieures au granite, et ont été formées par l'infiltration de l'eau qui lui a servi de dissolvant ; on peut répondre, 1° que le pouvoir de l'eau, comme dissolvant du granite, est une de ces propositions que, pour de bonnes raisons, nous avons souvent refusé d'admettre ; et 2° que dans beaucoup d'occasions les veines partent du corps principal du granite, pour se rendre, *en haut*, dans l'intérieur du schiste ; de manière à former des plans plus élevés que celui de l'horizon, et à prendre une direction entièrement opposée à celle qu'exige l'hypothèse de l'infiltration. Il reste donc certain que toute la masse de granite et les veines qui en procèdent sont contemporaines, et d'une formation plus récente que les strata.

Ceci convenu, et la fluidité des veines, lorsqu'elles ont pénétré le schiste, étant évidente, il faut nécessairement conclure que toute la masse de granite a été fluide dans le même temps. Mais cet effet n'a pu être produit que par la chaleur souterraine, qui a jeté aussi, contre les strata, la matière fondue, avec une force capable de les déplacer en les élevant, et de leur donner cette position très-inclinée qu'ils ont prise sur le gra-

[redacted]

nite, après que sa fluidité a cessé. Une conclusion, devenue probable par la cristallisation du granite, est confirmée, en dépit de toutes les contradictions, par les phénomènes des veines granitiques.

83. Par ce que nous venons de dire sur le granite, nous regardons comme complettes les preuves de l'origine ignée de tous les minéraux. Ces substances, donc, stratifiées ou non, doivent leur consolidation à la même cause, quoique agissant avec des degrés d'énergie différens. Les corps stratifiés ont été, en général, seulement amollis, et pénétrés par la matière fondue, tandis que les non stratifiés ont été réduits en parfaite fusion.

84. Dans cette conclusion générale, nous avons à distinguer deux parties, qui, par leurs degrés d'évidence, diffèrent peut-être un peu l'une de l'autre. La première, qui est en même temps la plus certaine, consiste en deux propositions; savoir, que la fluidité, qui a précédé la consolidation des substances minérales, a été *simple*, c'est-à-dire, qu'elle n'a point été l'effet d'une combinaison de ces substances avec aucun dissolvant; et qu'ensuite, après la consolidation, ces corps ont été élevés par une force expansive du bas en haut, et placés ainsi dans la situation qu'ils ont à présent. Ces deux propositions me paroissent avoir tous les caractères d'évidence nécessaires à la plus parfaite démonstration.

85.

85. L'autre partie de la conclusion générale, que le feu, ou plus proprement la chaleur, a été cause de la fluidité de ces corps minéraux, ainsi que de leur élévation subséquente, n'est peut-être pas une vérité aussi strictement démontrée que les deux précédentes propositions. Sans doute, c'est la matière d'une *théorie*, ou une portion d'une de ces chaînes invisibles que les hommes cherchent pour lier dans leur esprit l'état de la nature présente avec sa situation passée. Cette théorie se ressent de l'incertitude dont notre raisonnement est si rarement exempt, toutes les fois qu'il s'occupe de causes qui ne peuvent être l'objet direct de la perception. Malgré ce léger degré d'incertitude, il faut bien l'admettre, quand l'on considère que la cause assignée a été prouvée suffisante pour l'effet : qu'il n'en est pas de même pour toute autre cause connue, et que cette théorie explique, avec une simplicité et une précision singulières, ces faits si variés et si compliqués d'un système, tel que celui qui est présenté par l'histoire naturelle du globe.

86. On ne peut pas dire non plus que l'existence de la chaleur souterraine soit un principe sans autre évidence que celle des faits géologiques que l'on a intention d'expliquer : au contraire, elle est prouvée par les phénomènes qui sont dans le cercle de l'expérience ordinaire, tels que ceux des sources chaudes,

des volcans et des tremblemens de terre (*a*). Ceux-ci ne laissent point de doute sur l'exis-

---

(*a*) Aristote, dans le chapitre 4[e] de sa lettre à Alexandre, sur le système du monde, n'attribue pas les tremblemens de terre à l'action du feu, mais principalement à celle de l'air. « Souvent l'air intérieur, dit-il, après s'être entassé dans les cavités souterraines, s'agite, s'échappe tout-à-coup, et ébranle des parties du globe. Quelquefois aussi l'air extérieur pénétrant dans ces mêmes cavités, et s'y trouvant emprisonné, secoue le globe avec violence pour trouver une issue : ce qui produit le phénomène connu sous le nom de *Tremblement de Terre*.

» Les tremblemens de terre sont de plusieurs espèces. Il y en a qui secouent obliquement à angle aigu; d'autres agissent de bas en haut, à angle droit; d'autres affaissent les terres; d'autres ouvrent des abimes; d'autres sont accompagnés de vents violens; d'autres lancent des roches, de la fange, ou font jaillir des sources nouvelles; d'autres soulèvent les terres d'un seul effort; d'autres agissent par des secousses de droite et de gauche, comme dans le frisson de la fièvre; d'autres enfin sont accompagnés de mugissemens. Quelquefois aussi il y a mugissement sans qu'il y ait tremblement, lorsque l'air, n'étant pas assez fort pour ébranler la terre, se roule dans les cavités, et s'y brise avec l'impétuosité d'un torrent. Cet air qui pénètre dans l'intérieur de la terre, y est encore fortifié par les liquides qui se mêlent, et font corps avec lui. (*Traduct. d'Argens.*) »

Pline le naturaliste, *de motu terræ*, est du même avis. « *Ventos in causâ esse non dubium reor. Neque enim unquam intremiscunt terræ, nisi sopito mari : cæloque adeo tranquillo ut volatus avium non pendeant, substracto omni spiritu qui vehit.*

» Je ne doute pas que les vents ne soient la cause des tremblemens de terre; car jamais elle ne tremble que la mer ne soit calme, et sous un ciel tellement tranquille, que le vol des oiseaux est suspendu, faute d'air qui puisse les porter. »

Lucrèce, liv. 6, pense de même :

« *Præterea ventus cum per loca subcava terræ*
Collectus, parti ex unâ procumbit, et urget
Obnixus magnis speluncas viribus altas,
Incumbit tellus, quo venti prona premit vis.

. . . .

Est hæc ejusdem quoque magni causa tremoris,
Ventus ubi atque animæ subitò vis maxima quædam,
Aut extrinsecùs, aut ipsâ à tellure coorta,

tence de la chaleur, ni sur celle du mouvement d'un pouvoir expansif dans les entrailles

---

In loca se cava terrai conjecit, ibique
Speluncas inter magnas fremit ante tumultu,
Versabunda que portatur; post incita cum vis
Exagitata foras erumpitur, et simul artam
Diffindens terram magnum concinnat hiatum. »

» D'ailleurs, quand le vent, ramassé dans les cavités intérieures du globe, fond avec violence sur un des côtés particuliers, et réunit toutes ses forces dans ces cavernes profondes, la terre penche du côté où le souffle des vents fait le plus d'efforts.... Ces horribles tremblemens peuvent encore être causés par un vent impétueux, un souffle violent introduit tout à coup du dehors, ou né dans le sein de la terre, qui, après s'être engouffré dans les cavités du globe, frémit au milieu de ces immenses cavernes, s'y roule en tout sens, et ne s'échappe au dehors qu'après avoir fendu la terre par son impétuosité, et y avoir ouvert de vastes abîmes. » (*Traduct. de Delagrange.*)

L'Encyclopédie paroît ne pas prendre de parti sur cet objet. Elle dit : art. *Tremblemens de Terre*.

» On ne peut douter que la terre ne soit, en une infinité d'endroits remplie de matières combustibles, pour peu que l'on fasse attention aux couches immenses de charbon de terre, aux amas de bitume, de tourbe, de soufre, d'alun, de pyrites, etc.... qui se trouvent enfouis dans l'intérieur de notre globe. Toutes ces matières peuvent s'enflammer de mille manières, mais surtout par l'action de l'air, qui est disséminé, comme l'on n'en peut douter, dans tout l'intérieur de la terre, et qui, mis en expansion par ces embrasemens, fait effort en tout sens pour s'ouvrir un passage. Personne n'ignore les effets qu'il peut produire quand il est en cet état.... L'eau, contenue dans les profondeurs de la terre, contribue aussi de plusieurs manières à ses tremblemens. 1° Parce que l'action du feu réduit l'eau en vapeurs, et l'on sait que rien n'approche de la force irrésistible de ces vapeurs mises en expansion. 2° l'eau, en tombant tout à coup dans les amas de matière embrasée, doit encore produire des explosions terribles : 3° elle anime les feux souterrains, en ce que par sa chûte elle agite l'air, et fait les fonctions de soufflets de forge : 4° elle peut concourir aux ébranlemens de la terre par les excavations qu'elle fait dans son intérieur, par les couches qu'elle entraîne après les avoir détrempées, et par les chûtes et les écroulemens que par là elle occasionne... »

(*Note du Traducteur.*)

de la terre; de manière que le doute ne peut avoir lieu que sur la profondeur où se trouve cette puissance, sur son extension, et sur l'intensité de son action. Par les phénomènes ci-dessus cités, il est probable que ce pouvoir réside à une profondeur considérable : depuis les premiers siècles, plusieurs fontaines ont conservé leur chaleur jusqu'à présent; et, quoique les volcans s'éteignent à la fin, ils vomissent du feu pendant un temps considérable. La cause des tremblemens de terre est certainement une force qui réside très-profondément sous la surface; sans cela l'étendue de la commotion ne seroit pas telle qu'on l'a observée dans beaucoup de circonstances.

87. L'intensité du feu volcanique est une autre preuve de son immense profondeur sous la surface de la terre (*a*). Nous sommes certains que cette intensité est considérable, d'après les expériences faites, par sir James Hall, sur la fusibilité du *whinstone* et de la lave; et il paroît que la plus basse température pour fondre chacune de ces pierres, est environ 30°. du pyromètre de Wedgewood. Quelques minéralogistes ont à la vérité avancé que la lave se fondoit, non par l'intensité

(*a*) M. Giraud de Soulavie me paroit avoir clairement prouvé l'existence des volcans primitifs, en différens endroits de son *Histoire Naturelle de la France méridionale*.

(*Note du Traducteur.*)

de la chaleur, mais en conséquence d'une certaine combinaison formée entre elle et les substances bitumineuses; combinaison qu'ils n'essayent point d'expliquer, et qui n'a aucune analogie avec ce que nous connoissons. Que cette hypothèse, opposée directement aux principes les plus évidens d'un raisonnement persuasif, ait été imaginée par un philosophe qui a examiné les phénomènes de l'Etna et du Vésuve avec une grande attention, et qui les a décrits avec beaucoup de précision et de vérité, cela est plus étonnant que si elle avoit été adoptée par des minéralogistes qui n'ont étudié la nature que dans le silence d'un cabinet ou d'un laboratoire. Cependant ce n'est qu'une hypothèse qui, n'ayant jamais reposé que sur d'autres, méritoit à peine la réfutation directe qu'on en a faite dans l'exposé des expériences dont nous venons de parler.

88. Mais, si l'intensité de la chaleur volcanique est telle qu'on le dit ici, il sera difficile d'expliquer comment un feu d'une si grande activité, et d'une durée si longue sur le même point, n'a décomposé aucunes des substances minérales qui sont près de la surface. Il faut se rappeler que, dans le lieu où on suppose que se fait la combustion, il n'y a point un nouveau supplément de matières pour remplacer celles qui ont été consumées, et que, cependant, l'accumulation de ces matières, dans un seul endroit, doit avoir été très-différente de tout ce qu'on a

toujours observé sur l'arrangement des minéraux dans le sein de la terre.

89. Si, d'un autre côté, nous attribuons les phénomènes volcaniques à la chaleur centrale, le compte qu'on en peut rendre est simple, et s'accorde parfaitement avec elle. D'après toutes les apparences qui, plus haut, ont servi de preuves à l'existence de cette chaleur, elle est d'une nature si différente de celle du feu ordinaire, que, pour s'entretenir, elle n'a besoin ni de la circulation de l'air, ni d'un supplément de matières combustibles. Ce feu n'est point accompagné d'inflammation, ni de combustion; la grande pression s'oppose à la séparation des substances sur lesquelles il agit; et l'absence de ce fluide élastique, sans lequel la chaleur semble n'avoir aucune puissance pour décomposer les corps, même les plus combustibles, fait que la nature de toutes les substances reste inaltérable dans les régions minérales. En conséquence, les seuls effets de la chaleur sont la fusion et l'expansion; et ce qui forme le noyau du globe peut fort bien être une masse fluide, fondue, mais non changée par l'action de la chaleur.

90. Si des extrémités de ce noyau nous concevons certaines fentes, ou ouvertures, qui traversent la croûte solide, et arrivent jusqu'à la surface de la terre, les vapeurs qui y montent peuvent, avec le temps, échauffer les parois des tubes par où elles passent,

depuis les plus basses régions, jusqu'à la distance la plus éloignée. En effet, il est difficile de fixer la limite de cette distance, parce que la différence est grande entre la proportion du mouvement de la chaleur, lorsqu'elle a un fluide pour véhicule, et celle où elle marche d'elle-même à travers un corps solide. Dans le cas présent, l'accroissement par la vapeur qui monte de la chaleur est rapide, comme étant produit dans un tube de roche solide; et la dissipation est lente, comme venant de sa transmission à travers la roche. C'est pourquoi l'effet de la chaleur est peu considérable en proportion des secours qu'elle reçoit, et cet effet est d'autant moindre à chaque point donné, que le courant de vapeurs échauffées a continué de couler. Quoiqu'un tel courant, donc, ait pu être condensé à peu de distance de sa source, il a dû monter toujours de plus haut en plus haut, et enfin transporter sa chaleur à une distance immense de son foyer original. Ainsi, il est aisé de concevoir que les vapeurs peuvent porter leur chaleur, des régions minérales, jusqu'aux réservoirs de l'eau près de la surface de la terre, et produire les sources chaudes, et même les fontaines bouillantes, comme celles de Ricum et de Géyser.

91. Lorsqu'au lieu de vapeurs échauffées, la matière fondue est lancée à travers les *puits* ou les *tubes*, et communique ainsi avec les régions minérales, alors se forment, dans l'intérieur de la terre, le *whinstone* et les

basaltes. Lorsque la matière en fusion gagne la surface, elle est jetée en laves, et produit les autres phénomènes volcaniques.

Enfin, quand une matière de cette espèce, ou des vapeurs non condensées rencontrent un obstacle à leur marche, alors ont lieu ces effroyables commotions qui semblent menacer le globe même de sa destruction. Quoique affreux pour les habitans actuels, le tremblement de terre a pourtant sa place dans le grand système des opérations géologiques; et, comme nous l'expliquerons plus clairement ensuite, il est une partie de la série des événemens, essentielle à l'ordre général, et à la conservation du tout.

Tels sont, d'après cette théorie, les métamorphoses qu'éprouvent les substances minérales dans les profondeurs de la terre ; et, quoique différentes pour les parties de ces substances stratifiées et non stratifiées, elles se rattachent toutes par le même principe, et s'expliquent par la même cause. Il reste à considérer l'histoire de leurs changemens après leur élévation à la surface : et ici nous allons rencontrer de nouvelles causes qui sont plus susceptibles d'une observation directe; causes aussi qui agissent sur tous les fossiles, en les préparant à leur dernière destination.

SECTION TROISIÈME.

DES PHÉNOMÈNES COMMUNS AUX CORPS STRATIFIÉS ET NON STRATIFIÉS.

92. La série de changemens que les corps fossiles doivent subir, ne cesse pas avec leur élévation au dessus du niveau de la mer; elle prend cependant une nouvelle direction, et, du moment que ces corps sont élevés jusqu'à la surface, ils tendent toujours à rentrer sous la domination de l'Océan. La solidité qui avoit été acquise dans les entrailles de la terre est maintenant détruite; et, comme le fond de la mer est le grand laboratoire où les matières déliées sont minéralisées et transformées en pierre, l'atmosphère est la région où les pierres sont décomposées et rendues à la terre.

Cette décomposition de toutes les substances minérales, exposées à l'air, est continuelle, et se fait par une multitude d'agens, tant chimiques que mécaniques: nous en connoissons quelques-uns; beaucoup, sans doute, restent encore à découvrir. Parmi les différens fluides aériformes qui composent notre atmosphère, un est déja connu comme le grand principe de la décomposition minérale; les autres ne sont pas sans activité, et nous devons y ajouter l'humidité, la chaleur, et peut-être la lumière;

substances qui, par leurs affinités avec les élémens des corps minéraux, ont le pouvoir d'entrer en combinaison avec eux, et de diminuer ainsi les forces qui les unissent entre eux. Par l'action de l'air et de l'humidité, les particules métalliques, particulièrement celles du fer, qui entre abondamment dans la composition de presque tous les fossiles, s'oxident à un degré capable de lui faire perdre sa tenacité; et c'est ainsi que sa surface se détruit, et qu'une partie du volume se réduit en terre.

93. En outre, quelques terres, comme la terre calcaire, sont immédiatement dissoutes par l'eau; et, quoique la quantité ainsi dissoute soit très-petite, l'opération, continuellement renouvelée, produit une corrosion lente, mais continuelle, qui, avec le temps, détruit les roches les plus grandes. L'action de l'eau, en corrodant les corps durs où elle s'est introduite, s'accroît considérablement par les vicissitudes de la chaleur et du froid, sur-tout lorsque le dernier arrive jusqu'au point de congélation, car l'eau gelée occupe plus d'espace; et, si le corps est assez compacte pour se refuser à son expansion, ses parties sont brisées par une force répulsive qui agit en tout sens.

94. Outre ces causes de la décomposition minérale, dont nous pouvons, en quelque sorte, tracer l'action, il y en a d'autres qui ne nous sont connues que par leurs effets.

Nous voyons, par exemple, le plus pur-

cristal de roche altéré par son exposition à l'air, son lustre terni, et le poli de sa surface rongé; mais nous ne connoissons point le pouvoir qui produit ces effets. C'est ainsi que, dans les précautions que le minéralogiste prend pour conserver fraîche la fracture de ses échantillons, nous avons une preuve des attaques que livrent indistinctement, à toutes les productions du règne fossile, des ennemis inconnus; nous apercevons combien il est difficile de retarder les commencemens d'une métamorphose que rien au monde ne peut arrêter.

95. Les forces mécaniques, employées dans la séparation des substances minérales, sont plus évidentes que les forces chimiques. Ici, encore, l'eau paroît être l'ennemi le plus actif des corps durs et solides; et dans toutes les conditions, depuis la vapeur transparente jusqu'à la glace la plus épaisse, depuis le plus petit ruisseau jusqu'au plus grand fleuve, elle attaque tout ce qui est au dessus du niveau de la mer, et travaille sans cesse à le lui rendre. Les parties, détachées par les agens chimiques, sont chariées par les pluies, et, dans leur marche, elles frottent et usent la superficie des autres corps. Ainsi l'eau, quoique incapable d'agir sur les substances dures par une trituration directe, est la cause de ce frottement continuel; et lorsqu'elle descend en torrens, et qu'elle porte avec elle du sable, du gravier, et des quartiers de rochers, on peut dire, avec vérité,

qu'elle tourne les forces du règne minéral contre lui-même. Chaque brisement qu'elle produit est nécessairement permanent, et les parties, une fois détachées, ne peuvent plus se réunir que dans le sein de l'Océan.

96. Mais nous passerions les bornes de cette esquisse, en recherchant les causes de la décomposition minérale à travers toutes leurs formes. Il suffit de remarquer que les effets de tant d'agens petits, mais infatigables, travaillent tous ensemble, et qu'ayant pour eux la *gravité*, ils forment un système de destruction universelle et de dégradation, qu'on peut tracer sur toute la surface de la terre, depuis le sommet des montagnes jusqu'aux rivages de la mer. Pour acquérir l'évidence entière de cette vérité, une des plus importantes dans l'histoire naturelle du globe, nous commencerons notre description, et nous irons graduellement depuis le bord de l'Océan, jusqu'à l'extrémité des plus hautes élévations.

97. Si la côte est solide et formée de rochers, elle parle elle-même un langage facile à comprendre. Ces contours brisés et brusques, ces golfes profonds, et ces promontoires saillans par lesquels elle est comme entaillée, et la résistance que ces irrégularités présentent à la rage des vagues, combinée avec la disproportion de dureté dans les roches : tout prouve que la ligne actuelle du rivage a été déterminée par l'action de

l'eau (*a*). Ces rochers nus, escarpés et pendans sur l'abîme ; ces rochers creusés, perforés, qui avancent au loin dans la mer, et qui enfin forment des îles, conduisent à la même conclusion, et montrent clairement les différens progrès de la ruine. Nous ne pouvons pas saisir, il est vrai, par des exemples, la marche successive de cette diminution sur une seule et même roche, mais nous la voyons parfaitement bien dans des roches différentes; et une conviction appuyée sur des phénomènes variés, et suffisamment multipliés, est aussi irrésistible que si nous étions témoins oculaires des changemens dans le moment de l'observation.

Sur ces sortes de rivages, les fragmens de rochers, une fois détachés, deviennent les instrumens d'une autre destruction, et font partie de la puissante artillerie qu'emploie l'Océan pour saper les boulevards de la terre : ils sont poussés contre d'autres rochers qu'ils brisent en morceaux, et tous sont ainsi moulus l'un par l'autre (*b*). Quelle que soit leur

---

(*a*) Rien ne peut mieux prouver cette assertion que la vue des îles Hébrides, et en particulier celle de Staffa : la grotte de Fingal est visiblement l'ouvrage de la fureur des flots, qui ont brisé, à l'Ouest, les colonnes basaltiques qui la composent ; il est probable même qu'un jour cette grotte sera percée entièrement, et existera en voûte ouverte, parce que l'eau alors aura un passage libre.

(*Note du Traducteur.*)

(*b*) Lucrèce, dans son livre premier, pour prouver la succession des mondes, dit :

» *Denique, si nullam finem natura parasset*
Frangendis rebus, jam corpora materiai

dureté, ils sont réduits en gravier, dont la surface polie et ronde est la preuve incontestable d'un *détritus* auquel rien ne peut résister (*a*).

98. En outre, lorsque la côte de la mer est plate, nous avons une pleine évidence de la dégradation de la terre sur les rivages de

---

Usque redacta forent, ævo frangente priore,
Ut nihil ex illis a certo tempore posset
Conceptum, summum ætatis pervadere florem;
Nam quidvis citius dissolvi posse videmus,
Quam rursus refici; quapropter longa diei
Infinitæ ætas ante acti temporis omnis,
Quod fregisset adhuc disturbans dissolvensque,
Id nunquam reliquo reparari tempore posset:
At nunc nimirum frangendi reddita finis
Certa manet; quoniam refici rem quamque videmus,
Et finita simul generatim tempora rebus
Stare, quibus possit ævi contingere florem. »

» Enfin, si la nature n'avoit prescrit des bornes à la divisibilité de la matière, les élémens du grand tout, minés par la révolution de tant de siècles écoulés, seroient réduits à un tel degré d'épuisement, que les corps résultans de leur union ne pourroient parvenir à la maturité. La dissolution des corps étant plus prompte que leur reproduction, les pertes que les siècles précédens leur auroient fait subir, ne pourroient être réparées par les temps qui suivroient. Mais, comme dans la nature nous voyons constamment les réparations proportionnées aux pertes, et tous les êtres arriver dans des temps fixes à leur degré de perfection, il faut en conclure que la divisibilité de la matière a des limites invariables et nécessaires. » (*Trad. de Delagrange.*)

(*Note du Traducteur.*)

(*a*) Ceux qui ont eu, comme moi, le bonheur de voir en Suisse, tomber des avalanches, conviendront que là, la chaleur du soleil et le propre poids des masses produisent sur les montagnes de glace et de neige, dans un moment, et par des évenemens souvent répétés, ce que le choc de la mer produit lentement, et dans l'espace des siècles, sur ses rivages.

(*Note du Traducteur.*)

sable et de fin gravier, nous la voyons dans les bancs et les bas-fonds qui changent continuellement; dans les terres alluviales, et à l'embouchure des rivières; dans les barres qui semblent s'opposer à la décharge de l'eau dans la mer, et dans le peu de profondeur de la mer elle-même en quelques endroits. Sur ces côtes, la terre semble usurper le domaine de la mer, tandis que, sur celles qui ont un aspect élevé, c'est la mer qui paroît envahir la terre. Ce que celle-ci, cependant, gagne en étendue, elle le perd en élévation; et, soit que sa surface augmente ou diminue, les dégâts qu'elle éprouve, sont prouvés, dans les deux cas, avec une égale certitude.

99. Si nous continuons notre description depuis les rivages, jusque dans l'intérieur des terres, nous rencontrons à chaque pas des preuves évidentes de la même vérité, et particulièrement dans la nature et l'économie des rivières. Chacune paroît sortir d'un tronc principal qu'alimentent une multitude d'embranchemens; chacune coule dans une vallée proportionnée à sa dimension, et toutes forment ensemble un système de vallées; elles se communiquent toutes, et conservent si bien l'arrangement de leurs sinuosités, qu'aucune d'elles ne va se jeter dans la vallée principale, en suivant un niveau ou trop haut, ou trop bas; ce qui arriveroit probablement, si chaque vallée n'étoit pas l'ouvrage du ruisseau qui l'arrose.

Si, en effet, une rivière étoit un simple

ruisseau, sans branches, et couloit dans u
vallée droite, il faudroit supposer que qu
que grand choc, ou un torrent très-rapi
eût ouvert une fois le canal qui conduit
eaux à l'Océan; mais, en considérant
dessin ordinaire des rivières, le tronc div
en plusieurs branches qui s'écartent bea
coup l'une de l'autre, et celles-ci subdi
sées encore en une infinité de petites ram
cations, nous sommes forcés de convenir
ces canaux ont été creusés par les eaux ell
mêmes; qu'ils ont été évidés par le lava
et l'érosion de la terre; et que c'est par l'
tion répétée du même instrument que
assemblage curieux de lignes a été gravé
profondément sur la surface du globe.

100. Les changemens (note xvie.)
ont eu lieu dans le cours des rivières, p

(xvie note). *Rivières et lacs.* 159. Les rivières
pour nous la cause de destruction la plus visible e
plus capable de produire de grands effets. Ce n'est po
tant pas dans les plus grandes rivières que le pouvoi
changer et de ruiner la surface de la terre est le
apparent; c'est à la source des rivières, c'est dan
lit de ces grands torrens qui se précipitent des es
pemens élevés, et qui sont le plus sujets à une crue
une diminution irrégulière ou temporaire, que les ca
qui tendent à conserver, et celles qui tendent à chan
la forme de la surface de la terre, sont le plus éloig
de se compenser l'une par l'autre; où, à chaque
son, à chaque débordement, nous apercevons quelq
changemens, pour lesquels il ne peut y avoir de c
pensations, et où ce qui a été éloigné ne sera ja

vent aussi, dans beaucoup de cas, être tracés par des plate-formes successives d'alluvions

---

placé. Lorsque nous remontons à la source des rivières et de leurs ramifications, nous arrivons enfin à de petits ruisseaux, qui ne coulent que dans les temps de pluie, et qui sont à sec dans les autres saisons. C'est là, dit le docteur Hutton, que je voudrois transporter mon lecteur, pour qu'il se persuade, par sa propre observation, de ce fait important, *que les grandes rivières en général ont creusé leurs vallées.* Les changemens dans la vallée de la rivière principale sont lents; la plaine sûrement est dégradée dans un endroit, mais réparée dans un autre; et nous ne voyons pas le lieu qui a fourni la matière réparante. Ce qui se passe ici sous les yeux du spectateur, ne lui donne pas de suite l'idée de ce qui a existé avant que la vallée fût creusée. Mais c'est un autre spectacle dans la vallée d'un petit ruisseau; personne ne peut l'examiner sans voir que ce petit ruisseau emporte une matière qui ne peut être rendue qu'aux dépens de quelques parties du lieu où l'eau de pluie qui le nourrit, est réunie. Ici les restes d'un ancien ordre de choses sont visibles; et, sans beaucoup de raisonnemens, nous pouvons comparer ce qui a été autrefois avec ce qui est actuellement. Il ne faut qu'un peu d'étude pour remettre les choses à leur place, et saisir la nature dans sa grande opération de la dissolution des masses les plus dures et les plus solides par les influences du soleil et de l'atmosphère (*). Nous voyons le commencement de ce long voyage que font les corps graves pour se rendre des points les plus élevés de la terre jusqu'au fond de l'Océan, et nous sommes convaincus que, sur nos continens, il n'y a pas un point sur lequel une rivière n'ait pu couler autrefois (**).

160. La vue des opérations qui ont taillé et façonné

(*) Théorie de la Terre, vol. II, pag. 611.

(**) *Ibid.* pag. 296.

qui s'élèvent l'une au dessus de l'autre, et qui marquent les différens niveaux de la

---

la surface actuelle de la terre, présentée dans leur état naissant, est nécessaire pour nous préparer à les suivre dans toute l'étendue de leurs effets. D'après ces effets, la vérité de la proposition, que les rivières ont coupé et formé non seulement leurs lits, mais toutes les vallées, ou plutôt le système des vallées à travers lesquelles elles coulent, est démontrée par un principe qui a beaucoup de rapport avec celui qui est développé au § 99. Pour bien concevoir le cours d'une grande rivière, et la communication qui existe entre le tronc principal et ses ramifications les plus éloignées, prenons l'exemple du Danube, et jetons les yeux sur la carte donnée par Marsigli, pour expliquer l'histoire naturelle de ce fleuve (*). Lorsque l'on considère que sur toute la surface immense et inégale qui s'étend des Alpes au Pont-Euxin, et depuis les monts Krapacks jusqu'au mont Hœmus, il y a une communication régulière entre chaque point et la ligne de la plus grande dépression dans laquelle le fleuve coule, on ne peut s'empêcher de reconnoître que les eaux seules ont pu se frayer un passage libre à travers tous les obstacles de cet étonnant labyrinthe. En effet, supposons cette communication interrompue, et que quelque opération soudaine de la nature soit venue mettre une barrière de montagnes pour empêcher la Théise, ou la Drave, de jeter leurs eaux dans le Danube. Que peut-il résulter de cela, sinon que ces eaux se ramasseront jusqu'à ce qu'elles soient assez élevées pour trouver un puits, ou sous les bases, ou sur les sommets des montagnes qui les retiennent? Alors il se formeroit des lacs immenses et des cataractes qui, en remplissant ce qui étoit bas, et en coupant ce qui étoit trop élevé, rétabliroient, avec le temps, la pente uniforme de la surface comme elle étoit auparavant.

(*) Histoire du Danube, tom. 1, tab. 34.

rivière formés dans des périodes différentes. On en distingue quelquefois jusqu'à quatre

---

C'est ainsi que dans les temps passés, quelles qu'aient été les irrégularités de la surface à sa première sortie de la mer, ou quelles qu'aient été celles que des convulsions subséquentes ont produites, la seule action d'un ruisseau ne manquera pas de créer ou de renouveler un système de vallées qui se communiqueront les unes aux autres, comme celles que nous voyons aujourd'hui. Dans toutes les circonstances, l'eau retrouvera sa route pour gagner le point le plus bas ; quoique par-tout où la surface est très-irrégulière, elle ne puisse le faire qu'après avoir été renfermée dans mille lacs, ou précipitée en cataractes, au-dessus de mille précipices. Par-tout où ces irrégularités n'ont point lieu, et où un lac et une cataracte sont comparativement des phénomènes rares, nous voyons une forme de surface que l'eau seule, de tous les agens physiques, a pu produire ; et nous devons conclure que la probabilité d'une telle constitution, venant d'une autre cause, est à la probabilité, comme venant du cours de l'eau, dans la proportion de l'unité au nombre infini.

161. Beaucoup de rivières, dans leur cours, gardent des indications qui prouvent qu'elles ont été autrefois une suite de lacs, qui se sont desséchés par la double opération du remplissage des fonds et de l'enfoncement des issues. Cela arrive spécialement lorsqu'on rencontre, sur le bord des rivières, des terrasses successives d'une terre graveleuse et plate, § 100. Ces plates-formes sont toujours des preuves de la destruction et du *detritus* produits par la rivière, et des différens niveaux qu'elle a eus dans sa marche ; mais quelquefois elles nous conduisent plus loin, et nous démontrent que la grande masse de gravier, qui constitue ces terrasses successives de chaque côté de la rivière, a été déposée dans le bassin d'un lac. Si, du niveau de la terrasse la plus élevée, au lit actuel de la rivière, tout est allu-

et même cinq ; et cette observation nous reporte nécessairement comme toutes les

---

vion, et formé de sable et de gravier, il est évident que cet espace, jusqu'au plus bas niveau actuel de l'eau, a été occupé autrefois par l'eau, et en même temps, il est clair que l'eau a dû séjourner ou couler aussi haut au moins que la surface la plus élevée de la prairie. Il est impossible de concilier ces deux faits, qui sont certains, sans supposer qu'un lac, ou un volume d'eau stagnante, ait rempli une grande cavité (que nous devons regarder comme une des inégalités primitives du globe, parce que nous ne pouvons voir une cause plus éloignée), et que cette cavité, par succession des temps, a été remplie par le gravier et la terre des alluvions apportés par la rivière, qui maintenant coupe son canal à travers les matières qu'elle a elle-même déposées. Il n'y a point de rivière qui n'offre de pareils exemples, soit dans les parties montagneuses de son cours, soit lorsqu'elle en descend pour le suivre dans la plaine. Si c'étoit ici le lieu de donner tous les menus détails d'une description topographique, une foule d'exemples viendroient à notre secours.

162. On a dit plus haut, que l'eau a dû couler ou séjourner autrefois aussi bas que le fond actuel de la rivière ; mais il est quelquefois plus évident qu'elle a coulé ou séjourné beaucoup plus bas, parce que les alluvions vont beaucoup plus bas que la rivière. On sait que cela est visible dans beaucoup de circonstances, sur-tout quand on creuse des puits très-profonds sur le bord des grands fleuves. C'est par ce moyen qu'on a jugé de la profondeur des terrains d'alluvions sous le lit actuel de la rivière ; et de là vient la difficulté qui se présente par-tout, de trouver un fonds solide pour bâtir des ponts au-dessus des rivières dans les grandes vallées, ou dans les plaines ouvertes, où le sol est composé à une profondeur inconnue de terres rapportées, sans la moindre ressemblance avec les strata natifs ou solides.

autres opérations que nous traitons, jusqu'à l'antiquité la plus reculée : car, si nous con-

---

Il est évident alors que, dans des temps plus reculés, l'eau a dû être beaucoup plus basse et aussi beaucoup plus haute que son niveau actuel, et que cela s'accorde avec l'idée que cette place a été autrefois occupée par un lac profond.

Si, en suivant la lumière que nous donnent ces indications, nous retournons aux temps où la rivière a coulé au plus haut de ces niveaux, dans lesquels on n'aperçoit plus de traces de ses opérations, nous la verrons composée d'une suite de lacs et de cataractes, d'où, après avoir rempli les uns et brisé les autres, les eaux enfin se sont fait un passage libre et sans interruption jusqu'à l'Océan. Nous pouvons assurément aller encore plus loin que la succession de ces prairies ou terrasses que nous avons citées, et l'évidence nous conduira à regarder toute la vallée ou l'ancien lit de la rivière comme son propre ouvrage. Les inégalités originales de la surface et la déposition des strata doivent sans doute avoir déterminé d'abord le cours des eaux ; mais, malgré cela, ce sont les rivières qui ont modifié et changé ces irrégularités, et qui sont les causes *prochaines* de la forme et de la configuration de la surface actuelle.

163. Il suit, de ce changement graduel de lacs en rivières, qu'un lac n'est qu'une condition temporaire et accidentelle d'une rivière, qui tous les jours approche de la fin de son travail ; cette vérité est démontrée, non seulement par les lacs qui ont existé, mais par ceux qui existent encore. Lorsqu'un ruisseau assez grand entre dans un lac, on voit ordinairement une prairie s'augmenter d'année en année. Le sol de cette prairie est disposé en lits horizontaux : la prairie est terminée par un marais ; ce marais acquiert de la solidité, se convertit bientôt en prairie, et celle-ci devient un champ labourable. Pendant que le sédiment de la ri-

sidérons que chaque changement qui s'opère dans le lit d'une rivière, efface en partie les

---

vière se place lentement dans le fond du lac, les matières forment une levée ou un banc sous la surface de l'eau, en conservant une pente assez rapide vers le lac. Cette levée s'augmente par de nouvelles terres, par du sable et du gravier chariés sur la pente; et c'est ainsi que le remplissage s'opère sans discontinuation (*a*).

164. Dans les petits lacs, ce progrès s'observe aisément, et devient singulièrement remarquable par cette réunion pittoresque des lacs qui embellissent les sites montagneux du Westmoreland et du Cumberland. Parmi eux, on en voit un grand nombre qui ne sont remplis qu'en partie, et d'autres qui sont entièrement desséchés. Dans le lac Keswick, nous découvrons les marques du remplissage qui s'étendent de l'extrémité jusqu'au-delà de Borrowdale. De cette vallée, une petite rivière coule dans le lac; nous avons les preuves les plus certaines que ce lac a été autrefois réuni à celui de Bassenthwaite, et a occupé toute la vallée depuis Borrowdale jusqu'à Ouse-Bridge. Ces deux lacs aujourd'hui se joignent par un ruisseau qui coule du premier dans le second, et leur continuité est in-

(*a*) J'ai demandé, il y a quelques années, à un des bateliers occupés à Paris à tirer le gravier de la Seine, pourquoi je le voyois toujours travailler au même endroit, et avec un instrument que je croyois de la même longueur. Il m'a répondu: « Les mines de sable que nous connoissons sont inépuisables. De père en fils, depuis bien des années nous retirons de la rivière dans trois endroits seulement, deux ou trois nacelles pleines de sable par jour; la charge de la nacelle fait à peu près celle du tombereau. Nous ne changeons la longueur de l'instrument que pour le plus ou le moins d'eau, mais non pour la profondeur du trou que nous faisons, qui se remplit sur-le-champ. Le petit ruisseau qui est au fond de la rivière, se charge de nous fournir sans cesse *la marchandise.* » Il est clair, d'après ce fait, que ces bancs de gravier enlevés se renouvellent sans cesse.

(*Note du Traducteur.*)

restes des premiers changemens, nous serons convaincus qu'une petite partie seulement de

---

terrompue par une grande étendue de terre d'alluvions, composée de lits de gravier, sans roches, et sans la moindre apparence de strata natifs. Cette séparation cependant ne semble être qu'une barre, formée par le confluent de deux rivières, qui entrent ici dans la vallée par des côtés opposés, la Greata à l'Est, et Newland's-Water à l'Ouest. La surface de cette prairie est de douze ou quinze pieds au moins plus élevée que le niveau de chaque lac; et il a fallu à l'eau cette quantité en profondeur pour avoir pu enfoncer le passage du Ouse-Bridge par lequel les eaux des deux lacs se rendent à l'Océan.

Nous pourrions rapporter beaucoup d'exemples semblables; il y a réellement peu d'endroits qui puissent offrir plus d'instructions que celui-ci, pour cette partie de la géologie.

165. Les lacs les plus étendus montrent les mêmes effets. A l'endroit où le Rhône se jette dans le lac de Genève, on a observé que les bords croissoient tous les ans, et que le *portus Valesiæ*, aujourd'hui Prévallais, qui maintenant est éloigné du lac d'une demi-lieue, étoit anciennement sur son rivage. En effet, il paroît démontré que les sédimens du Rhône ont formé la vallée à travers laquelle il coule, à la distance d'environ trois lieues au moins du lieu où à présent il se décharge dans le lac. Le terrain est parfaitement horizontal, composé de sable et de limon, et rempli de marais. La déposition faite par le Rhône, à son entrée dans le lac, est sensible à l'œil; et on peut la voir tomber en nuages jusqu'au fond.

Les grands lacs de l'Amérique du Nord éprouvent les mêmes changemens, et, à ce qu'il paroît, avec plus de rapidité. Cependant, comme les rivières qui remplissent ces vastes réservoirs sont toutes petites, le remplissage est beaucoup moins remarquable que l'épuisement de

la progression peut laisser derrière elle quel-ques souvenirs distincts, et qu'il n'y a nulle raison de penser que la partie que nous voyons renferme le commencement de l'opération.

---

l'eau qui a forcé son issue. Un voyageur intelligent a remarqué que, dans le lac Supérieur même, la diminution des eaux est apparente, et que les marques visibles sur les rochers indiquent que l'eau a été autrefois de six pieds plus élevée que la surface actuelle. Dans les lacs moins considérables, cette diminution est encore plus évidente (*). Dans quelques-uns de ceux de l'intérieur du pays, le terrain environnant a paru au même voyageur être le dépôt des rivières dont les lacs eux-mêmes peuvent être considérés comme une véritable expansion (**).

166. Pour donner aux rivières une pente uniforme, les lacs doivent non seulement se remplir ou se vider, mais encore les cataractes, par-tout où elles existent, doivent se détruire. Le ruisseau, en se précipitant de dessus les rochers, entraîne avec lui non seulement le sable et le gravier, mais quelquefois les grosses pierres qui usent et abattent la roche en proportion de leur volume et de la rapidité du courant. Dans les chutes d'eau, la surface polie et arrondie des rochers et leurs excavations singulières sont des preuves satisfaisantes des chocs qu'ils reçoivent continuellement; et, lorsque ces rochers sont entamés profondément, ces ravages de l'eau sont visibles beaucoup plus haut que le niveau actuel. Ces sortes de phénomènes sont les meilleurs argumens à employer contre ceux qui ne croient pas aux dégâts faits par les eaux, et qu'elles continuent de faire tous les jours. Il faut convenir, sans le moindre doute, que la hauteur et les escarpemens de chaque chute d'eau vont toujours en diminuant; que des cataractes

(*) Voyages de Mackenzie, dans le continent de l'Amérique Septentrionale dans la mer Glaciale et l'océan Pacifique, pag. 36 et 42.

(**) *Ibid.* pag. 122.

101. De même, lorsqu'une rivière mine ses bords, elle offre souvent des dépôts de sable et de gravier, qui se sont faits lorsqu'elle couloit sur un niveau plus élevé qu'à

---

innombrables ont disparu ; que celles qui restent tendent à la même fin, et que celles de Montmorenci et de Niagara doivent finir un jour.

167. Quoiqu'il n'y ait rien à opposer à la justesse de ces conclusions appliquées aux lacs en général, il se rencontre en apparence quelques exceptions, où les progrès du remplissage et du dessèchement semblent avoir été suspendus. Ces exceptions sont dans les lacs qui paroissent avoir reçu une plus grande quantité de matières qu'il n'en falloit pour les remplir; tel est, par exemple, le lac de Genève, qui reçoit le Rhône à sa sortie du Vallais, une des plaines les plus longues et les plus profondes de la surface de la terre. Alors, si cette vallée a été creusée par le Rhône même dans sa plus grande partie, comme notre théorie semble l'indiquer, le lac a dû avoir été entièrement rempli, parce que ces matières chariées par le fleuve semblent surpasser en volume la capacité du lac : il est possible cependant qu'il ait pu les recevoir, en faisant une hypothèse raisonnable sur sa grandeur primitive. Qu'est donc devenu alors tout ce que le Rhône a déposé dans son sein? Aujourd'hui, ce lac a, dans quelques endroits, plus de 1,000 pieds de profondeur; et cependant l'eau du Rhône en sort pure et limpide. Si, depuis que le Rhône y coule, son étendue en superficie et en profondeur a toujours été en diminuant, quelles ont donc été les premières dimensions de ce bassin?

Je n'ai pas la prétention d'éluder ici la difficulté qui se présente, et je pense que les remarques suivantes pourront, en quelque sorte, conduire à une solution.

168. Il est certain que, d'après l'état actuel du lac de Genève et des contrées qui l'environnent, nous ne pouvons rien conclure sur ses dimensions premières.

[redacted]

présent. Dans d'autres cas, on voit ordinairement les mêmes strata sur les deux rives; et,

---

Saussure, avec son exactitude ordinaire, a tracé les marques du cours du Rhône à un niveau beaucoup plus élevé que celui d'aujourd'hui; et, par des observations faites sur le côté du mont Salève, il a trouvé, des preuves d'un courant, 200 toises au moins au-dessus de la superficie actuelle du lac. Mais, si la superficie du lac a jamais atteint cette hauteur, ou en a approché, quoique nous ne puissions avoir que de foibles conjectures sur l'état de la contrée adjacente, qui sans doute a été beaucoup plus élevée, nous pouvons très-bien supposer que le lac a eu une dimension plus étendue qu'à présent. Il a pu occuper tout l'espace qui se trouve entre le Jura et le mont Salève, et contenir le lac de Neufchâtel; de sorte qu'il a pu avoir assez de capacité pour recevoir les débris du Vallais, qui ont été emportés jusqu'à la mer, à mesure que la superficie des eaux s'est abaissée. C'est ainsi qu'il s'est rencontré un réceptacle temporaire pour les débris des Alpes, espèce d'entrepôt où ces débris étoient déposés avant qu'ils ayent été transportés dans le lieu de leur dernière destination.

169. Mais il reste encore à expliquer la grande profondeur que le lac a maintenant, parce qu'aucune vase, aucun gravier n'auroient dû être transportés au-delà d'un golfe de 1,000 pieds de profondeur, et qui étoit là tout prêt à les recevoir. Cette difficulté est réelle, et il semble exister, sinon dans la génération, au moins dans la conservation des lacs, quelque cause agissante, que nous ne connoissons qu'imparfaitement. Nous pouvons bien imaginer quelques causes de cette espèce dans l'action qui, en dégradant le sol, produit de nouveaux lacs, ou agrandit les anciens. La destruction d'un stratum ou d'un corps de strata, peut mettre à nu, et rendre accessibles à l'eau quelques lits de substances minérales solubles dans ce fluide. Par exemple, le district de Cheshire, qui renferme une roche de sel, est d'une

quoique le lit soit aujourd'hui profondément creusé entre eux, l'eau continue ses si-

---

étendue de quatorze ou quinze milles, et est couvert d'un stratum épais d'argile plus ou moins durcie, qui empêche l'eau de la surface de pénétrer jusqu'au sel, et conserve toute la masse dans l'état de sécheresse. Si cette couverture venoit à se briser par une convulsion naturelle, ou si elle se détruisoit, comme cela doit arriver dans la marche générale de la dégradation, l'eau pénétreroit jusqu'à la roche de sel, la dissoudroit insensiblement, et formeroit un lac étendu et profond, là où étoit auparavant une terre absolument sèche. Non seulement cet événement est possible, mais de plus, suivant l'ordre des choses, il semble qu'il doit arriver nécessairement.

170. Quelque chose de semblable a pu arriver dans le cours du Rhône, et avoir produit le lac Léman. Il n'est pas impossible qu'à une période très-reculée, le Rhône, en descendant des Alpes, ait formé quelques lacs, ou au moins un lac dont les restes soient aujourd'hui visibles; et cette supposition, qui est plus probable que celle du § 168, va paroître s'accorder avec des apparences d'une autre espèce. Le fleuve peut avoir rongé les strata secondaires de pierre de chaux sur lesquels il a coulé après avoir quitté le schiste des montagnes, et avoir atteint de cette manière un stratum de nature saline; celui-ci, une fois dissous, peut avoir fait place à un lac qui n'est que moderne en comparaison de ceux qui ont été produits par toutes les révolutions arrivées à la surface de la terre (*).

Cette explication est sans doute hypothétique; mais elle est proposée dans un de ces cas où des raisonne-

(*) Il y a des fontaines salées à Bex, près Aigles, 10 milles environ au-dessus du lac : il existe probablement, dans les environs, des strata de roches de sel.

nuosités comme si elle couloit sur la surface; ce qui prouve qu'elle a commencé à former

---

mens hypothétiques sont soutenus par les règles les plus strictes des recherches philosophiques. Elle est proposée dans un cas où les causes visibles pour l'homme semblent peu d'accord avec l'effet, et où nous devons par conséquent avoir recours à un agent invisible. Si les opérations attribuées à cet agent sont en analogie avec la nature, c'est raisonnablement tout ce que nous pouvons demander.

171. Une autre circonstance peut aussi influencer la génération et la conservation des lacs ; mais elle est une de celles avec lesquelles nous ne sommes que peu familiarisés. Les strata, et même tout le corps des substances minérales qui forment la base de notre terre, ont été élevés du sein de la mer par une progression qui, en général, semble avoir été graduelle et lente. Nous ne manquons cependant pas d'apparences qui indiquent que cette progression n'est point uniforme, et que l'élévation et l'enfoncement de la surface de la terre ou des roches qui en sont la base, sont arrivés dans une période de temps qui n'est pas très-ancienne (*a*). Dans cette progression, les élévations et dépressions peuvent n'être pas les mêmes pour chaque place. Elles peuvent être partielles, et une partie d'un stratum, ou le corps des strata, peut s'élever à une plus grande hauteur, ou être plus comprimé qu'un autre. Il n'est pas impossible que tous ces mouvemens puissent changer la profondeur des lacs, le niveau relatif de leurs côtés, et même leur fond.

172. Tous les lacs cependant ne présentent pas les

(*a*) Dans le curieux et savant mémoire que M. Cuvier a publié sur les ossemens fossiles des quadrupèdes, il prouve, d'une manière évidente, qu'une dernière catastrophe, et d'une date très-récente, a donné à notre globe sa physionomie actuelle, au moins pour la surface.

(*Note du Traducteur.*)

son lit lorsqu'elle s'est trouvée sur des substances tellement détachées, qu'elles ne pou-

---

difficultés que nous avons tâché d'expliquer. Les grands lacs de l'Amérique du Nord, par exemple, ne reçoivent pas leur accroissement de rivières bien grandes; et il ne semble pas du tout surprenant que ces lacs aient pu recevoir tout le détritus qui y est porté, sans être totalement remplis. La même chose a lieu, en quelque sorte, pour beaucoup d'autres lacs.

Il faut faire attention que nous pouvons nous tromper dans l'estimation des matières portées et déposées dans tous les lacs. Pour bien juger la somme totale, il faudroit avoir connu la forme originale des inégalités de la surface de la terre, et la quantité de dépression qui a eu lieu indépendamment du travail des rivières; et, quoiqu'en général ces inégalités originales aient pu être observées, et qu'on puisse regarder l'état présent comme le ravage de l'eau, cependant, dans des cas particuliers, tout cela peut être bien loin de la vérité. Le Vallais, par exemple, que nous considérons comme l'opération du Rhône, peut, lorsque les Alpes sont sorties du sein de la mer, avoir éprouvé plusieurs dépressions à sa surface, dont les rivières réunies par une série de lacs, ont fait une grande vallée.

173. Les embouchures par lesquelles les rivières se déchargent dans la mer sur une côte de roches élevées, confirment, d'une manière remarquable, les conclusions que nous avons données sur le système général de ruine et de dégradation. Nous voyons ordinairement, à ces embouchures, non seulement le lit de la rivière, mais souvent une vallée considérable, taillée dans le roc solide; tandis que ce roc conserve ses élévations et ses escarpemens, par-tout où il n'est pas coupé par un courant d'eau. Aucune convulsion qui ait pu briser en pièces les rochers, aucune brèche qu'ils aient pu recevoir précédemment au cours de l'eau, ne peuvent expliquer comment chaque rivière trouve une ouverture

voient opposer qu'une foible résistance à son cours. Une rivière qui serpente, et qui a pour lit une roche profonde, est un des

---

correspondante par laquelle elle trace sa route vers la mer; puisque cette ouverture est si bien proportionnée à la grandeur de la rivière, et qu'il n'existe point de brèches que là où se trouvent des courans d'eau.

174. La vue seule de toute côte, formée de roches élevées, rendra ceci plus clair que tous les raisonnemens. Prenons pour exemple la côte du canal de Bretagne, depuis Torbay jusqu'à Land's End, qui représente un rempart continuel de collines élevées, et composées de roches primitives et très-dures. Si nous considérons les brèches dans ce rempart aux embouchures du Dart, du Plym, du Tamer, du Fowey, du Fal, du Hel, etc., on verra évidemment que ces brèches ont été produites par leurs ruisseaux respectifs. Par-tout où il n'y a point de ruisseau, il n'y a point de brèche dans le roc; il n'y a rien qui adoucisse l'aspect dur et sauvage que ce rivage présente par-tout à l'Océan. Si nous faisons attention aux plus petits filets d'eau, nous les voyons sans cesse travailler leur passage à travers l'escarpement, et nous voyons par quel moyen les plus grandes vallées du Dart et du Tamer ont été coupées jusqu'au niveau de la mer. Si nous voulons encore être plus convaincus qu'il n'a pas existé de brèches avant que les rivières se soient ouvert un chemin, nous n'avons qu'à regarder le côté opposé, ou le rivage nord du même promontoire, et nous trouverons aussi une suite d'issues venant toutes des hauteurs de la contrée, et s'élargissant de plus en plus en approchant de la mer, mais sans la moindre connexion avec les ouvertures qui sont du côté du sud; connexion qui auroit eu lieu, si ces ouvertures eussent été l'effet d'un choc précédent, ou de quelques particularités dans la structure originale des roches.

175. En contemplant des côtes semblables à celles-ci, lorsque nous retournons aux temps où les rivières couloient sur un niveau aussi élevé que les hautes collines

phénomènes qui expliquent le mieux la lente destruction de la terre, ainsi que la cause de cette destruction.

---

qui bordent la mer, nous devons supposer que la terre alors s'étendoit plusieurs milles plus loin que l'endroit actuellement occupé par la mer. Lorsqu'à Plymouth, par exemple, le Tamer et le Plym couloient sur le niveau du mont Edgecombe, ou sur celui des hauteurs de Staten, si le courant de ces rivières s'est jeté à la mer par une pente douce, la côte a dû s'étendre plusieurs milles au-delà de ses limites actuelles. Ainsi, le terrain, lorsqu'il étoit plus élevé, étoit aussi plus étendu; et les bornes de notre île, dans son ancien état, ont été sans doute bien différentes de celles d'aujourd'hui.

Si nous examinons, dans la même intention, d'autres côtes élevées, représentées sur les cartes du globe, nous remarquons de suite, que par-tout où la mer fait une profonde entrée dans la terre, comme sur nos côtes occidentales, ou sur celles de la Norwège, une rivière y a son embouchure, et désigne par quels moyens se forment ces entrées, c'est-à-dire, par les pouvoirs réunis de la mer et de la terre; les eaux de l'une ont ouvert le chemin par lequel les eaux de l'autre se sont introduites jusque dans l'intérieur du pays.

Assurément il est impossible de nier les irrégularités des côtes de la mer, telles qu'elles ont dû exister autrefois. Ces irrégularités, sans doute, indiquent les premières opérations de la ruine et de la dégradation, qui, avec le temps, les ont fait elles-mêmes entièrement disparoître. La ligne de nos côtes peut être comparée à une de ces courbes, dont on parle quelquefois dans la haute géométrie, où les coordonnées sont des fonctions non seulement des arcs auxquels elles correspondent, mais encore du temps écoulé depuis une certaine époque. La forme de la courbe à cette époque, ou lorsque le temps a commencé, correspond à la forme originale de la côte, au moment de la sortie de l'Océan, et avant

102. C'est sur-tout lorsque les rivières coulent à travers les defilés étroits des montagnes, qu'il est facile de reconnoître, sur chaque rive, l'identité des strata qui excite en même temps le plus grand etonnement. En observant le *Patowmack*, lorsqu'il pénètre le sommet des montagnes de l'Allegany, ou l'Irtisch lorsqu'il sort des defilés de l'Altaï, il n'y a pas d'homme, quelque peu familiarisé qu'il soit avec les spéculations géologiques, qui ne reconnoissse immédiatement que la montagne autrefois étoit continuée à travers l'espace où coule maintenant la rivière; et, s'il hasarde de raisonner sur la cause d'un changement si prodigieux, il l'attribue à quelque grande convulsion de la nature, qui a brisé cette montagne en pièces pour livrer un passage aux eaux. Le philosophe seul, qui a médité profondément sur les effets possibles d'une action long-temps continuée, et sur la simplicité des moyens mis en œuvre par la nature dans tous ses procédés; lui seul, dis-je, ne voit rien là que le travail graduel d'un ruisseau qui a coulé jadis aussi

---

l'action des puissances qui l'ont détruite. Pour parler strictement, la figure originale, dans les deux cas, porte son influence sur tout ce qui lui est subséquent; mais plus on s'éloigne d'elle par succession de temps, moins aussi son influence est sensible; de sorte que, dans des questions de physique, pour avoir des approximations analogues au moins à l'imperfection de nos connoissances, nous pouvons entièrement négliger toute considération de figure originale.

haut

haut que les bords qu'il coupe maintenant si profondément, qui s'est frayé une route à travers le rocher, de la même manière, et presqu'avec le même instrument dont se sert le lapidaire pour couper un bloc de marbre ou de granite.

103. Il est très-intéressant de découvrir, de cette manière, l'action des causes qui nous sont familières, par les effets qui semblent d'abord exiger un pouvoir inconnu et extraordinaire ; et il n'est pas moins intéressant d'observer avec quelle adresse la nature a balancé l'action de toutes les petites causes de dégradation, et les a fait tendre au bien général. Nous en avons un bel exemple dans les provisions ramassées pour conserver le sol, ou la croûte de terre végétale répandue sur toute la surface du globe. Comme cette croûte consiste en matières déliées, elle est aisément emportée par les pluies, et chariée continuellement par les rivières dans la mer. Cet effet est visible pour tout le monde ; la terre est divisée non seulement sous la forme de sable et de gravier, mais encore ses particules les plus menues, suspendues dans les eaux, colorent continuellement quelques rivières ; tandis que toutes les autres ne sont colorées que par occasion, quand les pluies les gonflent ou les font déborder. La quantité de terre ainsi emportée varie suivant les circonstances ; on a compté que, dans quelques cas, l'eau d'une rivière débordée contient en matières terreuses plus de la 250[e] partie de son

volume (*). Le sol est donc continuellement diminué par ses parties transportées du haut en bas des niveaux, et enfin conduites jusqu'à la mer. Cependant, par le fait, la quantité reste toujours la même, ou presque la même ; et il faut que cela soit ainsi, depuis que la terre nourrit des animaux et des végétaux. Ainsi le sol est augmenté par d'autres causes, précisément dans la proportion de celles que nous citons maintenant ; et cette augmentation, évidemment, ne peut venir que de la constante et lente corrosion des roches. C'est pourquoi, dans la permanence de la croûte végétale qui couvre la surface de la terre, nous avons une preuve démonstrative de la continuelle destruction des rochers ; et nous ne pouvons qu'admirer l'industrie avec laquelle les pouvoirs des agens chimiques et mécaniques, employés dans cette opération compliquée, sont disposés, de manière à établir une balance exacte entre l'accroissement et la dégradation du sol.

104. Avant de quitter les rivières et les plaines (XVII[e] note), il faut remarquer un

---

(XVII[e] note) *Débris de roches décomposées.* 176. La plaine de Crau étoit le *campus lapideus* des Anciens; et, comme la Mythologie cherche toujours à s'appuyer sur des faits extraordinaires en histoire naturelle, on a dit que c'étoit le lieu où Hercule, combattant contre les fils de Neptune, et manquant d'armes, reçut des

(*) Voyez Lehman, Trait. de phys., etc. tom. III, pag. 359, note.

autre fait, souvent observé dans l'histoire naturelle des dernières, et qui prouve la pre-

secours du Ciel dans une pluie de pierres : de là est venu le nom de *campus Herculeus.*

Cette plaine est à l'est du Rhône, entre Salon et Arles : elle a une forme triangulaire, une étendue de vingt lieues carrées, et elle est presque entièrement couverte de gravier de quartz. Quelques-uns ont prétendu que cette immense collection de gravier avoit été apportée, par la Durance, des Alpes et du Dauphiné; d'autres, l'attribuent au Rhône, et plusieurs enfin, à la mer, comme étant une opération trop considérable pour aucune rivière. L'explication donnée ci-dessus, au § 103, savoir, que le gravier des plaines vient de la décomposition d'un grand stratum de *puddingstone*, qui est la base du tout, est l'opinion de Saussure, fondée sur ses propres observations (*).

177. Les théories qu'on a inventées pour expliquer le phénomène de la plaine de Crau, montrent un exemple de la nécessité de généraliser nos observations, avant d'expliquer une apparence particulière : en d'autres termes, elles prouvent la vérité de la maxime de lord Bâcon, que l'explication d'un phénomène ne doit point être cherchée dans l'étude de ce phénomène seul, mais dans sa comparaison avec d'autres. Une des théories de cette plaine est, que la brèche qui en est la base, est formée de la consolidation du gravier de la plaine, par le moyen de l'eau, qui, passant au travers, en rapproche et en cimente toutes les parties par une espèce de *jus lapidifique* qu'elle dépose. En vérité, par le seul examen de la plaine, il ne sera jamais possible de décider si le gravier est formé par la brèche, ou la brèche par le gravier. Mais la question est facile à résoudre, si nous comparons ce que l'on observe dans ce lieu avec d'au-

(*) Voyez Voyages aux Alpes, tom. III, § 1592 et 1597. Voyez aussi sur ce sujet un Mémoire de Lamanon, Journal de phys. tom. 22, pag. 477; et un autre de M. de Servières, *ibid.* pag. 270.

mière existence d'immenses corps de strata, dans des situations d'où ils ont entièrement

---

tres apparences prises dans l'histoire naturelle de la surface de la terre, et si nous considérons que la décomposition des solides au-dessus du niveau de la mer, est beaucoup plus fréquente que leur consolidation.

L'argument en faveur de la décomposition des substances pierreuses, que fournit la situation de cette plaine singulière, est confirmé par les observations faites dans beaucoup d'endroits du globe, et sur-tout dans quelques parties de la Grande-Bretagne. La route de Taunton Dean à Exeter, entre Taunton et Honiton, passe sur une grande terre de bruyère ou plaine sauvage, très-élevée au dessus de la plaine de Taunton. La roche qui fait la base de cette bruyère, est de pierre calcaire, et entièrement recouverte d'énormes cailloux de flints, sous la forme de gravier. Il n'y a point, dans le voisinage, de terrain plus élevé, d'où soit venu ce gravier, ni aucun ruisseau ou rivière qui ait pu l'apporter; de sorte qu'il n'y a point d'autre explication à donner de cette plaine, sinon qu'elle est formée de flints, autrefois contenus dans la pierre calcaire, qui aujourd'hui a disparu. Les flints de cette plaine sont absolument de la même espèce que ceux de la pierre calcaire; plusieurs ne sont pas fort usés, et n'ont pas été déposés bien loin de la pierre qui les a contenus autrefois. Il paroît donc certain qu'ils sont les débris de strata de pierres calcaires, maintenant décomposées, mais qui, dans les temps anciens, reposoient sur les lits qui servent de base à présent à cette plaine élevée, et qui les recouvroient probablement à une hauteur considérable. Cette explication prouve, d'une manière très-probable, que tout autre moyen de se rendre compte du fait en question, comme le transport du gravier d'un terrain plus élevé, ou l'immersion de la surface par la mer, exigeroit des changemens dans l'aspect du pays incomparablement plus grands que ceux qu'on suppose ici. Notre hypothèse semble donner le

disparu aujourd'hui. Ce fait repose sur la grande quantité de graviers durs et arrondis

---

minimum de toutes les espèces de changemens qui peuvent raisonnablement expliquer le phénomène.

178. On peut faire les mêmes remarques sur la plaine élevée de Blackdown, où passe la route d'Exeter pour aller à l'Ouest. Là, les flints sont disséminés aussi abondamment que dans l'autre exemple, et ne peuvent être expliqués que par la même supposition.

De plus, dans l'intérieur de l'Angleterre, à commencer des environs de Worcester et de Birmingham, et en avançant vers le nord à travers le Warwikshire, Leicestershire, Nothinghamshire, jusqu'au sud du Yorkshire, on trouve dans une grande abondance une espèce particulière de gravier très-dur, formé de grains de quartz. Ce même gravier s'étend vers l'O. et le N. O., jusqu'à Ashburn dans le Derbyshire, et peut-être encore plus loin vers le N. La quantité en est très-remarquable autour de Birmingham, et dans d'autres endroits; et le phénomène est d'autant plus surprenant, qu'il n'y a pas dans ces contrées une seule roche visible de cette sorte. On peut rencontrer ce gravier dans les montagnes d'Ecosse, ou en Suisse, mais nullement dans les plaines fertiles et secondaires de l'Angleterre.

On trouve cependant le mot de cette énigme, en observant que la base de tout le pays que nous venons de citer, est une pierre de sable rouge, qui contient un gravier de quartz dur, parfaitement semblable à celui dont nous venons de parler. Il n'y a donc point de doute que ce gravier ne vienne de la dissolution des lits de cette pierre de sable, qui anciennement recouvroit le lit actuel. Mais, comme le gravier est en général clair-semé dans la pierre, qu'il n'abonde que dans quelques couches, il sembleroit nécessaire de supposer le lavage et la décomposition d'un grand corps de strata, avant que la grande quantité de gravier, qui est maintenant sur le sol, ait eu le temps de se détacher.

179. J'ai dit qu'on ne trouvoit point dans la contrée

que l'on trouve souvent sur le sol, et dont toutes les circonstances démontrent qu'ils

---

citée une roche capable de fournir une pareille quantité de gravier. Ceci n'est pas strictement vrai, car dans le Worcestershire, entre Bromesgrove et Birmingham, à sept milles de distance à peu près de cette dernière ville, il y a une roche de strata très-durs, très-élevés, et sans doute primitifs, dont le *detritus* auroit pu produire le gravier qui nous occupe. Ces strata semblent s'élever de dessous les secondaires, par-tout où passe la route; et, à ce qu'il semble, ils ne sont pas d'une grande épaisseur; de sorte qu'ils ne peuvent avoir directement fourni tous les matériaux de ce gravier, quoiqu'ils l'aient pu faire indirectement, par le moyen de la pierre de sable rouge; c'est-à-dire, qu'une roche primaire, dont les graviers sont les restes, a pu fournir le gravier à la pierre de sable, et celle-ci, à son tour, donner les matières, et particulièrement le gravier qui couvrent actuellement le sol.

180. Les pierres de pouding, très-susceptibles de décomposition, ont probablement répandu dans tous les pays l'immense quantité de gravier que l'on y trouve. Les montagnes, ou au moins les collines composées de cette roche, et qu'on rencontre presque par-tout, démontrent la grande étendue d'une telle décomposition. Le mont Rigi, par exemple, sur un des côtés du lac de Lucerne, est entièrement de pierre de pouding, et d'une élévation de 472 toises au dessus du niveau du lac. Par les détails qu'on a donnés sur cette colline, et sur quelques autres de la même espèce en Suisse, nous pouvons, sans un bien mûr examen, être conduits à supposer qu'elles sont entièrement composées de gravier. C'est aussi la faute que Saussure a faite dans sa description, quoiqu'avec plus d'attention, on y retrouve la preuve que cette colline est formée d'une pierre de pouding réel (*). La nature de la chose même nous convaincra,

(*) Voyages aux Alpes tom. IV, § 1941.

n'ont pu venir qne de la décomposition des roches qui occupoient autrefois la véritable

---

qu'une colline de plus de 4,000 pieds de haut ne peut être composée de matières détachées et non consolidées.

Si donc, nous regardons le mont Rigi comme les restes de strata de pierres de pouding, nous devons conclure qu'ils ont été, dans le principe, extrêmement étendus, et les vallées et les plaines adjacentes nous serviront, en quelque sorte, à mesurer la quantité que le temps en a détruite.

181. Si la théorie des montagnes non stratifiées, comme celles de *whinstone*, de porphyre et de granite, est admise comme nous l'avons exposée plus haut, elle doit servir de mesnre pour la destruction qui a eu lieu dans les roches stratifiées, et pour la perte qu'elles ont éprouvée depuis qu'elles se sont élevées du sein de la mer. En effet, toute autre mesure de destruction, par un objet susceptible lui-même de déperdition, ne peut donner qu'un *minimum*, ou une limite que la quantité détruite doit surpasser de beaucoup.

La superficie tranchée d'une roche de *whinstone* doit être regardée comme une preuve évidente que quelque corps de strata, qui la supportoit dans son état de fluidité, étoit en contact avec elle lorsqu'elle est devenue solide; et, si cette partie du moule dans lequel le *whinstone* a été jeté a disparu, on doit en général attribuer cette disparition à l'opération de la ruine et de la décomposition : tel est, par exemple, l'aspect que le Salisbury *Craig* présente à l'Ouest; c'est-à-dire, qu'un mur perpendiculaire de *whinstone* de 90 pieds de haut, élevé sur un corps de strata de pierre de sable de la hauteur d'environ 300 pieds, ne peut être que l'effet de son contact avec quelque roche stratifiée, également coupée, et de la même élévation que lui. Il ne reste rien de cette roche.

Le rocher basaltique du château d'Edimbourg est dans la même situation. Ses côtés perpendiculaires au Sud, à

place où ces graviers sont maintenant répandus. Dans les contrées de craie, par exem-

---

l'ouest et au nord, sont maintenant dégagés des strata dans lesquels ils étoient autrefois enchâssés.

182. Les montagnes de granite, par-tout où il n'y a pas de stratification, portent également à la même conclusion. Ces chaînes centrales, que nous voyons dans tant d'endroits s'élever comme des tours au-dessus du schiste qui revêt leurs côtés, en ont été probablement tout-à-fait enveloppées; et, dans cette supposition, on peut quelquefois faire une estimation de la hauteur originale de ces montagnes.

Cependant il doit toujours y avoir de l'erreur dans ces estimations, à cause de l'impossibilité où nous sommes de distinguer les effets qui appartiennent à la fracture et à la dislocation qui a eu lieu lorsque les corps composés de roches stratifiées et non stratifiées se sont élevés du sein de la mer, et les effets produits à la surface par la ruine et la décomposition. Ici, comme dans d'autres circonstances, nous ne sommes pas capables de séparer les inégalités originales de la surface de celles qui sont venues par le travail du temps.

183. Il seroit important de s'assurer de combien l'élévation des montagnes décroît; et c'est ce que nous obtiendrons peut-être un jour des progrès de la science géologique, et du résultat d'une foule d'observations exactes. On a supposé que les Pyrénées diminuoient en hauteur à peu près de 10 pouces dans un siècle; mais j'ignore quelle confiance on peut avoir dans cette estimation (*).

Une marque non équivoque de la dégradation des montagnes se trouve dans ces tas de pierres détachées qui sont souvent à leur sommet. Ces pierres, il est clair, ne sont pas venues d'ailleurs par des moyens naturels; elles sont toujours coupantes et angulaires, et n'ont aucun des caractères des rocs transportés. On a dit quelquefois qu'elles avoient été apportées par la

(*) Essai sur la minéralogie des Pyrénées, pag. 87.

ple, aux environs de Londres, la quantité de flints sur le sol est prodigieuse; et, dans

---

main des hommes : mais ce qui rend cette supposition improbable, c'est la quantité considérable de ces pierres, et la difficulté de leur transport. Lorsque, par un motif d'utilité quelconque, il a fallu les ramasser, les hommes se sont servis de celles qu'ils ont trouvées au sommet, et en ont fait des espèces de cabanes, qui sont devenues les signaux nécessaires dans leur genre de vie pastorale, et quelquefois militaire (*a*).

(*a*) En parcourant les plus grandes chaînes de montagnes de l'Europe, j'ai toujours fait, sur leurs sommets, la même remarque que l'auteur ; et j'ai trouvé, comme lui, des tas de pierres, dont le tranchant des angles ne montroit aucune diminution produite par les eaux, et dont l'arrangement n'annonçoit aucune attention marquée de la part des hommes. L'aspect de ces pierres réunies commence à s'apercevoir sur les hauteurs où la végétation a cessé, et par-tout où il se trouve un plan horizontal.

Dans les pays protestans on a détruit, ou métamorphosé en signaux, ces chapelles antiques, ces temples modestes, mais vénérables, élevés par la piété de nos pères, et consacrés par leurs prières; ils la croyoient plus solennelle et plus directe, cette prière, dans ces lieux où les passions humaines n'ont plus d'empire, où l'âme se concentre tout entière dans son admiration et sa reconnoissance. Là, la solitude est profonde, l'isolement est parfait, et l'auteur de la nature semble y faire mieux connoître toutes ses perfections, en élevant l'homme au-dessus de la terre et de la mer, et en déroulant à ses yeux étonnés le vaste et inconcevable tableau de la création.

» C'est une impression générale qu'éprouvent tous les hommes, quoiqu'ils ne l'observent pas tous, que sur les hautes montagnes, où l'air est pur et subtil, on se sent plus de facilité dans la respiration, plus de légèreté dans le corps, plus de sérénité dans l'esprit; les plaisirs y sont moins ardens, les passions plus modérées. Les méditations y prennent je ne sais quel caractère grand et sublime, proportionné aux objets qui nous frappent, je ne sais quelle volupté tranquille qui n'a rien d'âcre et de sensuel. Il semble qu'en s'élevant au-dessus du séjour des hommes on y laisse tous les sentimens bas et terrestres, et qu'à mesure qu'on approche des régions éthérées, l'âme contracte quelque chose de leur inaltérable pureté.... » *J. J. Rousseau*, *Hél.* 1 *part. Lettre* 23. (*Note du Traducteur.*)

[redacted]

quelques endroits particuliers, on ne trouve, rien, à une profondeur considérable, que le gravier de flints. Maintenant, la source de ces flints est évidente, car ils sont précisément les mêmes que ceux qui sont contenus dans les lits de craie par-tout où ils n'ont point été dérangés, et ne peuvent venir que de la destruction de ces lits. Pour laisser à nu sur la surface du sol une si grande quantité de flints, quelle immense volume de craie aussi ne s'est pas décomposé? car les flints sont clair-semés dans la craie native, en comparaison de l'abondance de ceux qui sont dans la terre légère. Pour produire, par exemple, tout le gravier de flints qui environne Kensington, quelle énorme masse de roche de craie la nature n'a-t-elle pas eue à détruire?

105. Cet argument, que le docteur Hutton a appliqué particulièrement anx contrées de craie, peut convenir à beaucoup d'autres. La grande plaine de Crau, près l'embouchure du Rhône, est bien connue, et a été regardée avec étonnement, même dans les temps où l'histoire naturelle du globe n'étoit pas un objet d'une grande attention. Ce nombre prodigieux de graviers arrondis, dont cette plaine immense est entièrement recouverte, a été supposé, par quelques minéralogistes, avoir été apporté par la Durance, ou par quelques autres torrens des Alpes; mais, après un examen ultérieur, on a trouvé que ces pierres étoient de la même espèce que celle qui est contenue dans cer-

nes couches horizontales de *puddingstone*, i sont la base de toute la plaine. On ne peut nc douter que cet amas de graviers ne ive son origine à la destruction des couches la même roche, qui a pu, peut-être, lever à une grande hauteur au dessus de sa rface actuelle. En effet, en connoissant la ofondeur du gravier qui couvre la plaine, la quantité proportionnelle de ce même avier contenue dans une masse de roche nnée, on peut estimer de combien la dernère a eté minée par les eaux. Il faut laisser x observateurs à venir à déterminer, s'il est ssible, une date assez précise pour donner elque poids à ce calcul.

106. Dans ces exemples, la craie et le *pudgstone*, contenant des parties infiniment ins destructibles que leur masse générale, rès avoir été réduits en gravier, ont laissé s marques très-certaines de lenr existence. même chose est arrivée pour les veines nérales, où les substances les moins susceples de dissolution sont restees, et se sont persées à une grande distance de leur place tive. Ainsi l'or, de tous les métaux le ins sujet à la décomposition, est très-comn par-tout, et en plus ou moins grande ondance, dans le sable et dans presque toules rivières Mais le lieu d'origine de ce tal est la roche solide, ou les veines et rités qui s'y trouvent, et c'est de là qu'il ce sa route pour aller jusque dans le sol. ilà donc une autre preuve de la grande

étendue où peut aller la dégradation de la terre, et de la roche qui lui sert de base; et conséquemment de la différence frappante entre l'élévation et la figure de la surface actuelle de la terre, et celles des premiers âges.

107. Les veines d'étain nous donnent un argument de la même espèce. Les mines de ce métal sont indestructibles, et peu sujettes à la décomposition, de manière à rester sur le terrain très-long-temps sans le moindre changement. Par-tout où il y a des veines d'étain, comme dans le Cornwall, on trouve en abondance des pierres ou des morceaux de mine d'étain dans les ruisseaux et les vallées dans la même direction que les veines; de là vient le mot *streaming* (*a*), ou lavage de la terre, pour en obtenir la pierre d'étain. Si on considère, à présent, qu'aucun de ces morceaux d'étain n'a pu parvenir dans le sol que comme une portion de la veine qui a été détruite, il doit paroître évident qu'il y a eu une grande destruction de ces veines, ainsi que du schiste, ou du granite, qui lui servent de matrice.

108. Les leçons que le géologue reçoit dans les contrées plates et ouvertes, deviennent bien plus intéressantes par l'étude de la

---

(*a*) Le mot *stream*, en anglais, signifie ruisseau.
(*Note du Traducteur.*)

aîne des Alpes, où la surface de la terre
à sa plus haute élévation. Si nous le sup-
sons placé d'abord au milieu d'une pareille
ène, aussitôt qu'il est revenu de l'impres-
n que lui ont causée la nouveauté et la ma-
ificence de ce spectacle, il commence à
couvrir la marche du temps, et à aperce-
ir que les ouvrages de la nature, regardés
ez ordinairement comme inaltérables, sont
ıx sur lesquels les caractères de la vicissi-
le sont le plus profondément gravés. Il se
it lui-même entouré d'une vaste ruine, où
précipices qui se présentent par-tout élevés
escarpés, les sommets aigus des monta-
es de granite, et les énormes fragmens
i environnent leurs bases, ne font que
ırquer les différentes époques dans les
ogrès de la destruction, et l'énergie de ces
ces destructives, auxquelles l'immensité et
solidité même de ces grands corps n'ont
résister.

209. Le résultat de la plus légère observa-
n est en union parfaite avec cette impres-
n générale. Pourquoi l'élévation des mon-
gnes est-elle si étroitement liée avec la
reté et l'indestructibilité des roches qui les
nposent? Pourquoi ne peut-on plus trou-
r une montagne élevée de roche tendre et
ondaire; et que des chaînes, telles que
les des Pyrénées et des Alpes, ne sont com-
sées que de pierres dures, de granite par
emple, ou bien de ces strata primaires,
i, s'il faut s'en rapporter à la théorie

précédente, ont été deux-fois échauffés par le feu, et deux fois refroidis par les eaux, dans les régions minérales? N'est il pas sûr que cela vient, non d'une connexion directe entre la dureté des pierres, et leur élévation dans l'atmosphère, mais de ce que la ruine et le *detritus* auxquels tout doit se soumettre, ne permet pas aux substances molles et déliées de rester long-temps dans une situation exposée et élevée? à moins qu'on ne dise que, les roches secondaires étant posées sur les primaires, les premières doivent être plus élevées que les secondes, et les recouvrir (comme, sans doute, elles l'ont fait autrefois) dans les plus hautes comme dans les plus basses situations, et parmi les montagnes aussi bien que dans les plaines.

110. De plus, pourquoi, dans toutes les montagnes remarquables par leur aspect sauvage et par leurs aspérités, l'examen montre-t-il que la roche est toujours d'une destructibilité inégale? Pourquoi quelques parties cèdent-elles à l'air et aux autres causes de séparation beaucoup plus lentement que le reste? Pourquoi ont-elles une force suffisante pour se soutenir, quand elles sont isolées, en pyramides déliées, en projections hardies, et en échancrures pendantes? Par-tout, d'un autre côté où la roche depérit uniformément, les montagnes se ressemblent; leurs dentelures et leurs gonflemens sont doux, et elles sont limitées par une surface onduleuse et continue. Les degrés intermédiaires de résistance

que la roche oppose aux causes de destruction, produisent des formes intermédiaires. C'est là ce qui donne aux montagnes de différentes espèces de roches, une figure et un extérieur différens, et qui a donné à celles de granite, en particulier, ce caractère antique et majestueux qui les distingue toujours des autres.

111. La structure des vallées dans les montagnes montre clairement à quelle cause elles doivent leur existence. Ici, nous avons d'abord une grande vallée, communiquant directement avec une plaine, et tournant entre les sommets élevés des montagnes, tandis que la rivière descend dans le fond sur une surface remarquable, dans une pareille scène, par l'uniformité de la pente. Dans cette vallée s'ouvre une multitude de vallées transversales ou secondaires, coupant la première des deux côtés, et chacune portant au ruisseau principal un tribut proportionné à sa grandeur; et, excepté le cas des cataractes qui surviennent çà et là, toutes ont dans leurs niveaux un accord (99), d'autant plus étonnant, que l'irrégularité de la surface est plus grande. Ces vallées secondaires en ont d'autres d'une plus petite dimension; et parmi les montagnes du premier ordre, où tout est tracé sur la plus grande échelle, ces ramifications se continuent jusqu'au nombre de quatre, et même de cinq, chacune diminuant de grandeur en proportion de son élévation, et à mesure que l'accroissement

de l'eau devient plus petit. Dans tout ceci, on remarque toujours une loi générale qui veut que, lorsqu'une vallée plus haute se réunit à une plus basse, des deux angles qu'elle fait avec la dernière, celui qui est obtus est toujours vers le côté qui descend: cette loi est la même que celle qui règle la *confluence* des ruisseaux qui coulent sur une surface d'une inclinaison à peu près uniforme. Cela seul prouve que les vallées sont l'onvrage des ruisseaux; et en vérité, il n'y a que l'eau qui, faisant sa route à travers les obstacles d'une résistance inégale, ait pu ouvrir et conserver une communication entre les inégalités de la surface irrégulière des Alpes.

112. On peut tirer des faits généraux connus (XVIIIe note) dans l'histoire naturelle des

---

(XVIIIe note) *Transport des pierres*, etc. 184. La nature fournit les moyens de déterminer, avec beaucoup d'exactitude, la migration des corps fossiles sur la surface de la terre, puisqu'il n'y a que les pierres les plus dures et les plus fortement caractérisées qui puissent résister aux chocs qu'elles éprouvent en s'éloignant de leur place native.

On observe généralement que, dans les montagnes primitives, par-tout où les vallées s'ouvrent en larges plaines, leur gravier est formé des pierres évidemment descendues des montagnes. Plus un lieu quelconque est rapproché de la montagne, plus les morceaux de gravier sont grands, et moins leur forme est arrondie; et,

montagnes,

montagnes, beaucoup plus de preuves qui conduisent toutes à la même conclusion ; et

---

à mesure que la distance augmente, le gravier, qui souvent forme un stratum plat, est recouvert d'un lit de terre végétale. On a remarqué cette progression surtout dans les vallées du Piémont, et dans les plaines de la Lombardie, où, depuis le pied des Alpes jusqu'à la mer Adriatique, la base du terrain n'est qu'un lit de gravier (*). D'après Guettard, on trouve la même gradation dans le gravier et la terre qui couvrent la grande plaine de Pologne, depuis les monts Krapack jusqu'à la Baltique (**) (*a*). La raison de cette gradation est évidente : plus les pierres ont voyagé, plus aussi elles ont été roulées ; plus elles diminuent en volume, plus aussi elles affectent une figure régulière, et plus la terre est couverte d'une grande quantité de *detritus* fin et délié. Le balayage des pluies et des rivières est ici sensible ; et, si chacune des trois quantités que nous avons mentionnées n'est pas en proportion directe avec la distance que ces pierres ont parcourue depuis leur place native, on peut dire, dans le langage géométrique, qu'elle est proportionnelle à une certaine fonction de cette distance.

185. L'immense quantité de cailloux roulés, ou de

(*a*) En juin 1789, je quittai le nord de l'Italie, pour commencer le voyage de la Hongrie, si intéressant, si instructif pour un curieux d'Histoire naturelle, et sur-tout de Minéralogie. En traversant ensuite la chaîne des Krapack pour me rendre en Pologne, et d'une des pointes les plus élevées, j'avoue que l'aspect des contrées que je quittois, et de celles que j'allois parcourir, m'ont forcé à faire la même remarque que notre auteur : avec cette différence, que la route des pierres et leur éboulement vers la Hongrie et l'Adriatique, m'ont paru d'une date plus récente que du côté de la Pologne, vers la mer Baltique, où toute roche a disparu, et se trouve enterrée sous une croûte très-épaisse d'un sable très-fin.

(*Note du Traducteur.*)

(*) Voyages aux Alpes, tom. III, § 1315.

(**) Mém. de l'Acad. des sciences, 1762, pag. 234, 293, etc.

si l'oréologiste vouloit tracer les progrès de la destruction, en remontant jusqu'à la structure

---

gravier arrondi, ramassée dans le voisinage immédiat des chaînes de montagnes, a fait supposer à quelques géologues l'existence d'anciens courans qui ont descendu des montagnes dans un volume et avec une rapidité dont il n'y a point d'exemples dans l'état actuel du globe. C'est ainsi que Saussure croit que la colline de Supergue, près de Turin, formée de gravier, ne peut être expliquée que par la supposition de ces courans, ou de ce qu'il appelle *la débâcle*, qui a eu lieu dans un temps reculé (*). Si cependant nous accordons aux montagnes plus de grandeur et d'élévation qu'elles n'en ont aujourd'hui; si nous regardons les vallées qui les séparent comme coupées par les rivières et les torrens dans un immense rempart de roches solides, nous ne manquerons ni de matières, ni de puissance active pour former une collection de gravier et de substances détachées, égale à celle que l'on voit sur la surface de la terre. La nécessité d'introduire une *débâcle*, ou un autre agent inconnu, pour expliquer le transport des fossiles, semble venir du peu d'importance que l'on donne aux effets d'une action long-temps soutenue, et qui n'est point limitée par ces courtes périodes qui circonscrivent les travaux et même les observations des hommes.

186. Le magasin de gravier et de *cailloux roulés* destiné aux plaines qui sont au pied des montagnes primitives, est sans doute, dans beaucoup de cas, augmenté par la pierre de pouding interposée entre les strata secondaires et primaires. Les lits de pierres de pouding contiennent un gravier déjà formé sur les rivages des continens, qui ont disparu avant l'existence de ceux-ci; et le ciment de ce gravier, cédant facilement à l'impression de l'air, les pierres qu'il retenoit se détachent,

(*) Voyages aux Alpes, tom. III, § 1303.

originelle, dont les restes sont encore si considérables, il apercevroit uue masse immense

---

et sont emportées dans les plaines par la force des torrens (*a*). Je ne sais point si la colline de Supergue n'est pas réellement une masse de pierres de pouding qui forme le bord des Alpes, et dont les substances n'ont point éprouvé de transport depuis leur dernière consolidation. Il est au moins certain que Saussure, malgré son exactitude, a quelquefois confondu le gravier détaché de la surface avec celui qui est consolidé dans la roche : comme je l'ai déjà dit, cette inexactitude vient moins de lui que du système qu'il a adopté.

187. Les pierres détachées, trouvées sur les côtés des collines et dans le fond des vallées, montrent, lorsqu'on retourne à leur place originelle, d'une manière évidente, les grands changemens qui sont arrivés depuis le commencement de leur voyage ; et, en particulier, elles servent à prouver que beaucoup de vallées qui coupent aujourd'hui la surface très-profondément, n'ont pas eu leur commencement au moment où ces pierres ont été détachées de leurs roches natives. Nous savons, par exemple, que des pierres, mues par les forces dont nous examinons l'influence, n'ont pu d'abord descendre

(*a*) Au mois d'avril 1799, après avoir passé à Bassano, à Trévise, à Conegliano, à Ponte-Novo, je fus arrêté à Valsano, petit endroit placé sur les bords du Tagliamento, parce que ce torrent, très-grossi par les pluies et la fonte des neiges, ne pouvoit se passer sans danger. Lorsqu'il est débordé, il offre l'aspect d'un fleuve immense; dans les temps de sécheresse, il se divise en deux courans, séparés par une vaste plaine, couverte d'une prodigieuse quantité de pierres roulées. Je m'informai à un octogénaire du pays, si, depuis son enfance, il avoit remarqué une augmentation ou une diminution dans cette masse de fragmens de roches? Il me répondit que, ni l'une ni l'autre, ne pouvoient avoir lieu, attendu que chaque débordement en emporte à peu près autant qu'il en apporte; et il étoit fondé à le croire, disoit-il, par le bruit épouvantable que les pierres font dans leur passage avec les eaux, et par la physionomie du terrain qui lui avoit toujours paru la même. (*Note du Traducteur.*)

de roches solides, nues et informes, dans le même état où elle est sortie de l'abîme, et in-

---

d'une élévation, et monter sur une autre au côté opposé : mais le granite du Mont-Blanc s'est trouvé, comme nous l'avons dit, sur les côtés du Jura, et même sur un des côtés les plus éloignés des Alpes. Dans l'état actuel de la surface de la terre, entre la chaîne centrale des Alpes, d'où sont venus ces morceaux de granite, et la chaîne du Jura, outre plusieurs petites vallées, il y a la grande vallée du Rhône; et de son endroit le plus bas, au lieu qu'occupent ces pierres, il y a une hauteur de plus de 3000 pieds. Il n'existe point de force qui ait pu faire monter ces pierres à cette hauteur. Nous devons donc supposer que, lorsqu'elles ont été du Mont-Blanc au Jura, cette profonde vallée n'existoit pas, mais bien qu'une pente uniforme, telle que celle que fait l'eau par la rapidité de son cours, s'étendoit d'un sommet à l'autre. Cette supposition s'accorde bien avec ce que nous avons dit sur la formation récente du lac Léman, et de la vallée actuelle du Rhône.

188. Dans des objets de cette espèce, nous ne pouvons tirer du calcul que très-peu de secours; cependant nous pouvons, par son moyen, découvrir si notre hypothèse est dans une opposition trop marquée avec les lois de la probabilité; et si elle est en harmonie avec les principes physiques déjà établis. On peut compter à cinquante milles géographiques la distance horizontale depuis le mont Jura jusqu'aux montagnes de granite, à la source de l'Arve. Quoique nous supposions que le Mont-Blanc et les hauteurs qui l'avoisinent aient été originellement beaucoup plus élevés qu'à présent, la chaîne du Jura doit avoir subi le même changement, quoique probablement dans une dimension inégale; cependant rien n'empêche d'établir la supposition que la différence de la hauteur a été presque la même dans les premiers temps qu'aujourd'hui, et elle peut être estimée à 10,000 pieds. La pente d'un plan, depuis le sommet du Jura

comparablement plus grande que tout ce qui est maintenant sous ses yeux. L'opération des

---

jusqu'à celui du Mont-Blanc, seroit donc à peu près un mille trois quarts sur cinquante, ou un pied sur trente; inclinaison beaucoup plus grande qu'il ne faut pour donner à l'eau la rapidité même la plus grande, et plus que suffisante pour qu'une rivière ou un torrent puissent transporter des pierres ou des fragmens de roches, à quelque distance que ce soit.

Saussure, en citant le fait des morceaux de granite trouvés dans les gorges élevées près des sommets du mont Jura, dit qu'on ne les a trouvés que dans les endroits d'où l'on pouvoit découvrir la chaîne centrale des Alpes. Mais il sembleroit que cette coïncidence est accidentelle, parce que, quelle que soit la cause du transport de ces blocs, la forme des montagnes, et sur-tout du mont Jura, a dû trop changer pour pouvoir admettre la supposition, que les lieux d'où on peut à présent découvrir le Mont-Blanc, soient les mêmes que ceux d'où ce même mont étoit visible, lorsque les pierres ont été transportées sur le premier. Il peut se faire cependant que les gorges du mont Jura soient des restes de vallées ou des lits de torrens qui ont coulé autrefois des Alpes vers l'Ouest, et il est naturel de trouver, dans le voisinage de ces anciens ravins, des fragmens de ces montagnes.

189. Saussure a observé, dans une autre partie des Alpes, que, là où la Durance descend des côtés du mont Vélan et du grand Saint-Bernard, pour se réunir dans le Vallais au Rhône, la vallée où elle coule se trouve entre des montagnes de schiste primaire, où le granite ne paroît point; il a observé de plus que le fond de cette vallée, vers son extrémité la plus basse, est couvert dans une espace considérable de blocs de granite détachés (*). Sa connoissance parfaite de toutes les roches de ces montagnes l'a engagé

(*) Voyages aux Alpes, tom. II, § 1022.

pluies et des torrens, modifiée par la dureté et la tenacité des roches, a travaillé le

---

à supposer que ces pierres venoient de la chaîne granitique du Mont-Blanc, qui est à l'ouest de la Durance, et beaucoup plus élevée que la montagne intermédiaire. Cette conjecture a été vérifiée par les observations d'un de ses amis, qui a trouvé les pierres en question en parfaite harmonie avec la roche de la pointe d'Ornex qui se rapproche le plus de la chaîne granitique.

Cependant, dans l'état présent des choses, la vallée d'Orsierre est entre les roches d'Ornex et la vallée de la Durance; et certainement elle auroit arrêté les blocs de granite dans leur passage d'un de ces points à l'autre, si elle eût existé dans le temps du passage. La vallée d'Orsierre donc, n'étoit point faite lorsque les torrens où les fontes de glaces ont déplacé ces fragmens de leur lieu natif.

Lorsque l'on examine attentivement les contrées montagneuses, on rencontre beaucoup de faits semblables à celui-ci, et nous n'aurions jamais fini s'il falloit s'arrêter sur chacun d'eux. Ils conduisent à des conclusions d'une grande importance, sur-tout si on compare les moyens que la nature emploie journellement dans le transport des roches, avec ces immenses fragmens qui paroissent avoir été détachés de leur masse naturelle dans les anciens temps.

190. Pour remuer des masses de roches aussi énormes, sans doute les instrumens les plus puissans dont se sert la nature sont les glaciers, ces lacs ou rivières de glace placés dans les vallées élevées des Alpes et des autres montagnes du premier ordre. Ces immenses volumes sont dans un mouvement perpétuel, varié comme l'influence de la chaleur de la terre, et sont détachés des plans inclinés qui servoient à supporter leur poids incalculable, en même temps qu'une infinité de fragmens qui pesoient sur eux. Ils emportent dans leur chûte ces

tout dans la forme actuelle; elle a creusé les vallées, et détaché graduellement les mon-

---

fragmens jusqu'aux dernières limites, où se trouve un mur formidable qui confirme la grandeur, et atteste la force de l'instrument puissant qui l'a élevé. Chaque observateur a remarqué avec étonnement l'immense quantité et le volume inconcevable des roches ainsi transportées (*); elles expliquent, d'une manière satisfaisante, comment ces fragmens peuvent être mis en mouvement, même où la pente est douce, et où la surface du terrain est très-raboteuse. C'est par ce moyen qu'avant que les vallées aient été dans l'état où nous les voyons aujourd'hui, et lorsque les montagnes étoient encore plus élevées, de gros morceaux de roches ont pu être transportés à une grande distance; et il n'est pas surprenant que ces mêmes masses, très-diminuées dans leurs dimensions, réduites à l'état de gravier ou de sable, aient gagné les rivages, et même le fond de l'Océan.

191. Après les glaciers, ce sont les torrens qui ont le plus de force pour transporter les pierres. Lorsqu'ils se précipitent des flancs des montagnes, en ne supposant pas même la pente très-rapide, ils produisent des effets que rien ne peut expliquer, excepté l'expérience directe. Les fragmens de roches emportés par le torrent acquièrent, dans le fluide qui les entoure, une légèreté spécifique plus considérable, et perdent aussi au moins le tiers de leur poids : en même temps ils sont chassés par une force proportionnelle au carré de la rapidité de l'eau, et à la quantité de gravier et de pierres déjà mise en mouvement. Après avoir calculé toutes ces circonstances, au milieu d'une scène parfaitement calme et tranquille, peut-être qu'un philosophe restera dans

(*) Lorsque Saussure a visité le glacier de Miage, les pierres y étoient tellement amoncelées, qu'elles couvroient entièrement la glace. (Voyages aux Alpes, tom. II, § 854.)

[redacted]

tagnes de la masse générale, ici, en coupant leurs côtés en précipices escarpés, et là, en

---

le doute sur le pouvoir qu'ont les torrens de remuer les masses énormes de rochers qu'on rencontre au fond des vallées étroites, ou dans les gorges profondes des pays de montagnes; mais son doute cessera, dit un voyageur instruit par l'expérience, s'il est surpris par un ouragan au milieu des Alpes (*a*), s'il voit la multitude et l'impétuosité des cataractes qui s'échappent des montagnes, et s'il reste en contemplation à la vue des désastres causés par cet événement; son doute cessera si, après la tempête, il considère que ces prairies qui, quelques heures auparavant, étoient émaillées de fleurs, et couvertes de la plus riante verdure, sont maintenant enterrées sous des tas de pierres, ou étouffées par une boue noire et liquide, et que les côtés des montagnes qui se

(*a*) Il est d'autres phénomènes qui produisent absolument les mêmes effets. En septembre 1791, pendant mon voyage en Suisse, je venois de visiter la mer de glace, et je commençois une autre excursion, en longeant une des gorges élevées et profondes qui avoisinent cette mer. Le temps étoit beau. l'air calme, le ciel pur et sans nuages. Pour laisser reposer Michel Paccard, mon guide, ainsi que ses mules, je propose une halte, et nous nous établissons sur le penchant d'une montagne, en face des glaciers que nous venions de quitter. Dans ce moment, la nature m'offroit un vaste tableau composé simplement de cinq couleurs: le bleu du ciel, le blanc de la neige, le vert bleuâtre de la glace, le vert des forêts, et la teinte grisâtre des rochers nus. Paccard qui avoit eu l'honneur de conduire Saussure au Mont-Blanc, me faisoit tout observer avec beaucoup de discernement, et m'entretenoit de la géographie physique et politique de son pays. Tout à-coup, un bruit épouvantable se fait entendre; je regarde, je ne vois rien; le bruit continue. s'approche. et se propage au loin comme la décharge de la plus forte artillerie, sans satisfaire ma curiosité, et sans instruire mon étonnement. Paccard me regarde jouit de ma surprise, me fait mettre à l'abri sous de gros arbres. et me dit: Tout va s'expliquer. Aussitôt, je vois descendre, du haut des glaciers, à un quart de lieue environ, vers notre droite, des masses énormes de rochers, de larges blocs de glace, des monticules de neige, des arbres, de la terre, du

les adoucissant en pentes douces. De là est résulté un transport de matières qui, par

---

faisoient pas soupçonner le plus petit ruisseau, sont dans un moment sillonnés par les ravins les plus profonds (*).

Il est rare cependant, même dans des occasions semblables à celle-ci, de voir en mouvement des masses aussi considérables que celles que l'on trouve souvent à la surface, et en apparence, fort éloignées de leur place native. Leur dimension est si volumineuse, dans quelques endroits, qu'on ne peut expliquer leur transport qu'en supposant que la surface a été très-différente de celle qui existe; que les montagnes ont été plus élevées, et le sol plus uni et plus uniforme, au moins dans quelques directions. Ces suppositions une fois admises, et nous avons vu qu'elles s'appuient sur presque tous les

sable; tout ce chaos, en augmentant le bruit, augmente de volume dans la proportion de la hauteur et du terme de sa chûte. L'atmosphère se remplit en un instant de poussière et de neige, et les vapeurs gagnent les sommets sous la forme des nuages. La tempête avoit cessé autour de nous, mais l'écho la répétoit encore dans le lointain. « Je vous félicite, me dit Paccard, d'un air satisfait, et comme s'il venoit de commander pour moi une grande fête champêtre, je vous félicite d'avoir été témoin, sans danger, d'un des plus beaux et des plus majestueux spectacles de nos montagnes : ne voit pas et n'entend pas qui veut une *avalanche*. » Nous continuons notre route en raisonnant sur la cause d'effets aussi prodigieux, et Paccard me fait conclure que c'est sur-tout dans le système des hautes montagnes qu'il est facile d'observer combien la nature est active et laborieuse. En refaisant tous les ans les mêmes excursions, l'observateur attentif doit donc voir des changemens considérables. Malgré le renouvellement des neiges et des glaces, la hauteur des sommités diminue, parce que les bases se décomposent, s'écroulent, et que tout tend sur notre globe à un nivellement général.

(*Note du Traducteur.*)

(*) Voyez dans l'Essai sur la Minéralogie des Pyrénées, pag. 134, le récit d'un ouragan qui a eu lieu près de Barèges.

la quantité et la grandeur des seuls fragmens, semble incroyable à quiconque n'a

---

phénomènes de géologie, les difficultés qui se présentent se trouvent résolues.

192. Un des plus grands blocs de granite connus, est sur le côté oriental du lac de Genève; on l'appelle *Pierre le Gouté ;* il a environ dix pieds de haut, et une section horizontale de quinze pieds sur vingt (*). Non loin de là, il en est un autre à peu près de la même dimension, et qui conserve quelques restes de schiste. Ces pierres ressemblent beaucoup à celles qui sont tombées, du sommet des aiguilles, dans la vallée de Chamouny. Leur distance actuelle de ces aiguilles est d'environ trente milles anglais, et elles en sont séparées par des montagnes et des vallées. Quels qu'aient été les moyens de transport de ces blocs, leur mouvement a dû s'exécuter sur une pente beaucoup plus uniforme que celle qui existe. Si la surface n'a pas présenté de grandes inégalités, et si la pente, comme nous l'avons déjà calculé, a été d'un pied sur trente, les glaciers d'abord, et ensuite les torrens, ont pu effectuer le transport de ces rocs.

193. De plus, dans la vallée étroite qui sépare le grand du petit Salève, les strata sont tous calcaires, mais leur surface est recouverte d'un grand nombre de blocs de granite détachés et de schiste primaire. Dans la partie basse de la vallée, il existe un bloc de granite du volume d'environ douze cents pieds. Deux autres de la même espèce reposent sur une base horizontale de pierre calcaire élevée de deux ou trois pieds audessus de la surface environnante. Cette élévation prouve que ces pierres ont conservé les lits sur lesquels elles sont placées, en empêchant que l'atmosphère n'agisse sur eux, comme sur ceux qui n'ont point d'abri. Mais c'est sûrement trop restreindre les opérations de la

(*) Voyages aux Alpes, tom. 1, § 308.

pas appris à calculer les effets d'une action continuelle, et à réfléchir que la durée

---

nature à la surface, que de supposer, avec Saussure, que les roches calcaires, placées sous ces pierres, n'ont point éprouvé de déchet, et qu'elles sont maintenant dans le point identique où elles ont été amenées du haut des Alpes par la grande *débâcle* (*). Pour moi, je ne doute point que, lorsque l'Arve, qui n'est pas très-éloignée, a coulé sur un niveau plus élevé, et sur une ligne toute différente de celle qu'elle suit aujourd'hui, aidée d'ailleurs, par les glaciers et l'élévation supérieure des montagnes; je ne doute pas, dis-je, qu'elle n'ait eu une force assez puissante pour transporter ces pierres.

194. Ces phénomènes ne sont pas particuliers aux Alpes, et on les retrouve plus ou moins dans le voisinage de toutes les montagnes primaires ou de granite. Dans l'île d'Aran, on voit sur le rivage de la mer un morceau de cette espèce qui fait partie de la montagne de Goatfield; il est à trois milles au moins de sa roche de granite, et il en est séparé par une baie. Ses dimensions sont à peu près les mêmes que celles de *Pierre le Gouté.* Dans le premier état des montagnes de granite de cette île, la pente du Goatfield doit avoir été très-uniforme, et plus rapide qu'à présent.

Outre les glaciers et les torrens qui ont été sans doute les principaux instrumens de ces changemens, d'autres causes peuvent avoir encore opéré occasionellement. De grandes pierres, une fois détachées, et placées sur un plan incliné par les effets de la ruine et de la décomposition, peuvent avancer horizontalement à mesure qu'elles descendent perpendiculairement; et cela doit arriver sans le secours des torrens, mais par la seule force de leur poids; car la surface du terrain, en diminuant, reste plus élevée sous la pierre, et même dans ses environs, qu'à une distance plus éloignée, par

(*) Voyages aux Alpes, tom. 1, § 227.

[redacted]

du temps peut changer les causes accidentelles en causes permanentes (*a*). De là ces

la protection que la pierre accorde à tout ce qui l'avoisine, comme nous l'avons remarqué au sujet du mont Salève. La pierre elle-même s'arrondit à sa base, et c'est ainsi que la surface qui touche la terre diminue en étendue, et que les deux surfaces deviennent convexes l'une par rapport à l'autre. Il doit pourtant arriver que le support, s'amincissant toujours, deviendra nul; alors la pierre penchera et tournera par son petit côté, et d'autant plus rapidement que son centre de gravité sera plus élevé au dessus de son point de support, et que sa surface aura plus de convexité : c'est ainsi que le mouvement horizontal peut surpasser de beaucoup le mouvement perpendiculaire, et que, dans la succession des siècles, la pierre peut voyager à une grande distance. Une pierre néanmoins qui voyage ainsi, doit diminuer à mesure qu'elle avance, et avoir eu un bien plus gros volume qu'à présent.

195. Cette espèce de mouvement peut être augmenté par des circonstances particulières. Lorsqu'une pierre repose sur un plan incliné, de manière à approcher de

(*a*) Dolomieu est tout-à-fait opposé à notre auteur. Il ne reconnoît d'autre cause de l'arrangement actuel de la terre, que la violence la plus outrée et le plus grand désordre. Pour tout expliquer, « ce n'est pas le temps, dit-il, que j'invoquerai; c'est la force. On ne place, en général, sa confiance dans l'un, que quand on ne sait où trouver l'autre.... La nature demande au temps les moyens de réparer les désordres, mais elle reçoit du mouvement la puissance de bouleverser. » (Journal de physique, 1792, tom. 2.)

Un poëte a dit :

Le temps est tout pour nous, mais rien pour la nature.

Le *tout* et le *rien* me semblent ici tracer la ligne qui sépare le fini de l'infini.

Le temps sera pour vous, l'éternité pour moi,

A dit Dieu au premier homme, selon un autre poëte.

L'homme, pour agir, s'empare du temps et de l'espace avec

fragmens de rochers qui, de la chaîne centrale, sont tombés jusque dans l'intérieur

---

l'équilibre, si une partie se détache d'un des côtés, l'équilibre est perdu, et la pierre est mise en mouvement. Les pierres qui sont sur d'autres pierres peuvent, par le frottement, s'approcher de l'équilibre, ce que prouvent très-bien celles qu'on appelle *pierres mouvantes*, ou, dans le Cornwall, *Logan-stones*, qu'on a prises pendant quelque temps pour un ouvrage de l'art, et qui ne sont rien autre chose que des pierres qui ont été soumises à la loi générale de la destruction et de la décomposition, et dans des circonstances capables d'établir presqu'un équilibre qui se rétablit de lui-même, quand il a été un peu dérangé (*). La pierre de Logan, à Land's End, est une masse de granite du poids de plus de soixante tones, posée sur un roc de granite, d'une hauteur considérable, et près du rivage de la mer. Les deux

avidité, parce qu'il ne possède de l'un que la très-petite portion accordée à son existence et à son imagination, et de l'autre que le point qui le soutient. Aussi toutes ses actions portent-elles l'empreinte de la précipitation, de la gêne et de la foiblesse. Quelquefois, quand il essaye d'agrandir le temps présent par des retours sur le passé, ou par des élans vers l'avenir; quand il ose quitter la terre pour deviner et mesurer l'espace, son intelligence bornée s'effraye, s'arrête, et confesse son impuissance. La nature, au contraire, use du temps et de l'espace d'une manière lente, paisible et sûre, comme d'un domaine inaliénable, et qui ne peut, pour elle, ni se détériorer, ni finir. Quoiqu'elle ne nous dise pas pourquoi, comment, ni où elle agit, nous ne devons pas moins admirer l'ordre, la sublimité, la grandeur et la perfection de ses ouvrages.

(*Note du Traducteur.*)

(*) Je ne prétends pas dire que toutes les pierres mouvantes le sont par des moyens naturels : je n'ai point assez de données pour justifier cette assertion ; mais le grand côté de celle de Land's End, sa position élevée et sa ressemblance avec celles que l'on voit sur d'autres parties du rivage, prouvent que ce point est un ouvrage de l'art. Ceux qui les attribuent aux Druides, ne considèrent pas avec quelle rapidité la corniche de granite se détruit, et ne pensent pas qu'il n'est pas probable que les conditions nécessaires pour mettre une roche en équilibre, par l'art ou par la nature, aient pu se conserver les mêmes pendant 16 ou 17 siècles.

des vallées, quoiqu'ils ayent rencontré des sommets inférieurs : de là le granite du Mont-

---

pierres ne se touchent que dans un point, parce que leurs surfaces sont très-convexes l'une par rapport à l'autre. Celle de dessus approche tellement de l'équilibre, qu'un homme peut la faire mouvoir, quoique, pour la renverser entièrement, il faudroit une force majeure. Cela vient de ce que le centre de gravité de la pierre est un peu plus bas que le centre de la courbure de cette partie sur laquelle elle tend à tourner; la conséquence est qu'aucun mouvement imprimé à la pierre ne peut forcer son centre de gravité à s'élever beaucoup, de sorte que, quand la force qui la remue s'écarte, elle se retourne, et se balance de côté et d'autre, jusqu'à ce qu'elle parvienne au plus parfait repos. S'il falloit déranger cette pierre de sa place, l'opération seroit facile, en retranchant une partie d'un de ses côtés avec des outils, ou par la poudre; alors elle perdroit sa balance, tomberoit de son piédestal, et rouleroit à une distance considérable. Par la succession des temps, la nature se charge d'exécuter les travaux que nous attribuons à l'art. Que la destruction, d'un côté de cette grande masse, surpasse de beaucoup celle du côté opposé, l'équilibre de la pierre de Logan sera détruit pour toujours. C'est ainsi que nous pouvons voir comment le mouvement se produit par l'action combinée de la décomposition et de la gravitation des grandes masses de roches.

196. Outre la destruction graduelle à laquelle les pierres exposées à l'atmosphère sont nécessairement sujettes, celles d'une grande dimension sont susceptibles de se fendre et de se diviser en grosses masses, sans doute par leur propre poids. C'est ce qui arrive dans tous les cas qui font le sujet de notre discussion; et, par cette cause, la destruction de l'équilibre de ces pierres doit s'effectuer beaucoup plus vite que par la décomposition lente.

Ainsi, si à la ruine de la pierre vers sa base nous

Blanc que l'on voit dans les plaines de la Lombardie, ou sur les côtés du Jura : de là enfin

---

ajoutons tous les accidens qui peuvent détruire ses côtés, nous voyons au moins qu'il est physiquement possible que des pierres détachées, simplement par leur poids, soient mises en mouvement. Il est très-remarquable que quelques-unes de ces grosses pierres reposent sur une base très-petite. Celles qui sont au pied du mont Salève, ne touchent le terrain que par quelques points : la pierre ronde de Borrowdale est supportée par une ligne étroite semblable à la quille d'un vaisseau ; une ou deux pierres lui servent de cales, et l'empêchent de tomber. Des événemens imprévus viennent quelquefois troubler le repos de ces fragmens qui ont quitté depuis long-temps leur place natale. Saussure cite une énorme masse de pierre ollaire (*), qui repose isolée sur un des côtés de la vallée de Urseren, dans le canton d'Uri. Le peuple s'en sert pour bâtir, et la taille d'un côté vers le haut : d'où il faut conclure qu'un jour elle tombera, et roulera jusqu'au fond de la vallée.

197. Dans beaucoup de cas, on ne peut douter que les pierres dont nous parlons ne soient des restes de masses ou de veines de *whinstone* ou de granite, maintenant détruites, et qu'elles n'aient fait depuis leur place originale, qu'un très-petit voyage, ou peut-être aucun. Plusieurs de ces grands blocs de *whinstone*, que nous trouvons dans ce pays, ou isolés, ou épars çà et là, en grande abondance, dans un lieu particulier, n'ont sûrement d'autre origine que celle que nous venons d'assigner. Mais l'exemple le plus remarquable, sont les pierres du cap de Bonne-Espérance, sur la colline appelée *Paarlberg*, mot qui veut dire une chaîne de grandes pierres rondes placées sur le sommet, comme les perles d'un collier. Deux de ces pierres, qui sont sur le point le plus élevé, se nomment *la perle et le*

(*) Voyages aux Alpes, tom. IV, § 1851.

les débris des monts Krapack répandus sur les rivages de la Baltique (*a*).

---

diamant; on en a parlé, il y a quelques années, dans les Transactions philosophiques (*). Une description plus récente nous donne ces pierres pour une espèce de granite, quoique la colline qui leur sert de base soit composée de strata de pierres de sable (**). La perle est un roc nu qui s'élève au dessus du sommet de cette colline à la hauteur de 400 pieds; le diamant est plus haut, mais sa base est moindre, et il est plus inaccessible.

D'après la chaîne que forment ces pierres, et l'immense dimension des deux plus grandes, il est impossible de supposer qu'elles aient été remuées; et il est beaucoup plus probable qu'elles soient des parties d'une veine de granite qui traverse les strata de pierre de sable, et dont quelques-unes ont résisté à l'action de l'atmosphère, tandis que d'autres y ont cédé. Toute l'histoire géologique de cette partie de l'Afrique semble être du plus grand intérêt, puisque, autant qu'on peut s'en rapporter aux récits des voyageurs, elle consiste

(*a*) Cicéron, ce juge si éclairé sur le mérite des philosophes anciens, parle dans plusieurs endroits de ses ouvrages, avec de grands éloges, de Timée de Locres. Il le fait contemporain de Socrate et de Platon, et prétend que c'est aux instructions de ce philosophe, que Platon a dû toute la connoissance qu'il avoit des dogmes de Pythagore. On croit, en général, que Platon, en commentant son modèle, l'a entièrement gâté.

Dans ces temps très-reculés, les opinions des savans ne différoient point de celles de nos observateurs modernes, et Timée de Locres, dans son chapitre 3, dit :

« Les corps sont emportés par le transport du tout; et, étant appuyés les uns contre les autres, ils sont broyés alternativement, et donnent un changement continuel pour les générations et les destructions. » (*Trad. du marquis d'Argens.*)

(*Note du Traducteur.*)

(*) Vol. 68, pag. 102.

(**) Voyages de Barrow dans l'Afrique méridionale, pag. 60.

113. Nous sommes donc disposés à considérer, avec le docteur Hutton, ces grandes

---

en lits de pierres de sable, ou de pierres calcaires, posés immédiatement sur le granite, ou sur le schiste primaire. On voit en grande abondance, au pied de la montagne de la Table, et le long du rivage, de gros blocs de granite détachés.

198. Nous avons déjà parlé du système qui explique, par un grand déluge, ou une *débâcle*, les phénomènes exposés dans cette note et dans quelques-unes des précédentes. Le docteur Hutton, dans sa théorie, n'attribue rien aux causes accidentelles ou inconnues; et, quoiqu'il ne nie pas absolument leur existence, quels que puissent être leurs effets, il ne s'en sert que comme de témoignages entièrement effacés, et rangés dans la seule classe des probabilités. Pour décider si sur la surface de la terre il y a quelques effets qui exigent l'interposition d'une cause extraordinaire, il faudroit établir une discussion minutieuse qui nous entraîneroit dans une digression plus étendue qu'il ne convient à notre sujet. Je préfère donc exposer brièvement ce qui paroît faire les objections principales contre toute explication pareille des phénomènes de géologie.

199. La structure générale des vallées, dans les montagnes, ne s'accorde nullement avec l'idée, qu'elles ont été produites par un seul grand torrent qui a rongé la surface de la terre. Quelquefois les vallées divergent, comme d'un centre, dans toutes les directions. Dans d'autres cas, elles partent d'une ligne et avancent avec une profondeur et une étendue égales de chaque côté, indiquant que la force qui les a produites a été *rien*, ou quelque chose d'imperceptible dans le principe, et qui s'est fortifié des deux côtés, en proportion de l'éloignement du point de départ. Le travail des eaux de pluies et de neiges, et leur marche d'un niveau plus haut à un

chaînes de montagnes qui traversent la surface du globe, comme détachées de masses beaucoup plus grandes et plus élevées que tout ce qui nous reste maintenant. Les ap-

---

niveau plus bas, est la seule cause que nous connoissions sujette à cette loi.

200. De plus, si nous considérons une vallée qui, avec ses détours et ses irrégularités, a été peut-être creusée dans le roc solide, il est clair que l'eau, n'a pu, par aucune force appliquée subitement, détacher et éloigner les grandes masses de pierre qui ont disparu. La grande colonne d'eau qu'on supposeroit avoir agi contre une telle masse, quelle qu'ait été sa rapidité, auroit été incapable de briser et de déplacer des lits de roches de plusieurs lieues en longueur, et contiguës aux roches qui les soutiennent des deux côtés. Le travail lent de l'eau, et les pouvoirs que nous voyons agir chaque jour, sont plus que suffisans pour produire ces effets, si seulement on leur accorde le temps nécessaire.

201. Quelques vallées sont assez singulièrement construites pour réfuter elles-mêmes l'existence de toute *débâcle*. Ce sont les vallées longitudinales, qui ont les ouvertures par où l'eau se décharge, non à une extrémité, mais vers le milieu. Telle est celle qui est au côté oriental du Mont-Blanc, et qui, profondément creusée jusqu'à l'extrémité de la roche de granite et de schiste, s'étend parallèlement aux lits de schiste, depuis le col de la Ségue jusqu'au col de Ferret; son ouverture est presque dans le milieu. La Dorea en sort, et, à travers une grande vallée, prend son cours presque à angles droits à la chaîne des Alpes, et à la vallée dont nous venons de parler. D'après la structure de ces vallées, Saussure combat l'hypothèse de Buffon sur la formation des vallées par des courans au fond de la mer (*). Cette structure est en effet une réfutation complette de cette

(*) Voyages aux Alpes, tom. II, § 920.

parences actuelles ne présentent point de dates pour calculer la grandeur primitive de ces masses, ni même la hauteur qu'elles ont. L'estimation la plus approximative se

---

hypothèse, ainsi que du système que Saussure lui-même semble approuver dans quelques occasions. Car, si on dit que cette vallée a été creusée par le courant d'une *débâcle*, ce courant doit avoir été ou dans la direction de Ferret, ou dans celle de la Dorea qui en sort. Si c'est suivant la direction de la première, le courant n'a pu creuser la deuxième; si c'est dans la direction de la deuxième, le courant n'a pu creuser la première. D'ailleurs, la force qui a formé cette vallée doit avoir été *rien* aux deux extrémités, c'est-à-dire, au col de la Sègue, et au col de Ferret, et a dû augmenter en proportion de l'éloignement de ces deux points. Elle a donc pu être formée seulement par le cours de deux ruisseaux, dans des directions opposées, sur une surface légèrement inclinée; et ces ruisseaux, en se rencontrant, ont pris une nouvelle direction presque à angles droits à la première. Il seroit difficile qu'une preuve plus claire pût montrer que, dans ce cas, ce qui est aujourd'hui une vallée profonde a été d'abord une roche solide, que le cours des eaux a rongée graduellement; et que, lorsque les eaux ont commencé à couler, elles étoient sur un niveau au moins aussi élevé que le sommet de ces montagnes qui bordent la vallée du côté le plus bas.

202. Ce n'est pas seulement dans les montagnes du premier ordre qu'on trouve des vallées longitudinales, dont les eaux, comme la vallée précédente, s'échappent par leurs côtés. Quoiqu'en petit, nous en avons un exemple, à quelques milles d'Edimbourg. Les collines de Pentland forment une double chaîne, séparée par une petite vallée longitudinale, qui va du N. E. au S. O.; l'eau en sort presqu'au milieu par une ouverture qui prend sa direction vers le sud. Ce n'est pas là le travail

trouve là ou une chaîne ou un groupe de montagnes, telle que celles de Rosa dans les

---

d'un grand torrent qui inondoit le pays; car, quelle que soit la direction qu'on supposeroit à ce torrent, elle n'expliqueroit ni la vallée, ni son issue (*).

Ceux qui soutiennent l'existence d'une *débâcle*, allé-

(*) Il y a, en Ecosse, une vallée d'une espèce que je regarde comme extrêmement rare dans toutes les parties du monde, et pour l'explication de laquelle l'hypothèse d'un torrent ou d'une *débâcle* peut être employée, ou jamais, avec quelque avantage. C'est la vallée qui traverse notre île, depuis Inverness, jusqu'au fort William, ou depuis la mer jusqu'à la mer, puisqu'elle est ouverte à chaque extrémité, et très-peu élevée dans le milieu. Elle est presque droite, d'une largeur très-uniforme, excepté vers chaque extrémité, où elle s'étend considérablement. Le fond, en le considérant transversalement, est plat, sans aucune pente graduelle des côtés vers le milieu. Les montagnes s'élèvent immédiatement des bords, et forment deux chaînes continues d'une grande hauteur, comme les remparts d'un large fossé. Une grande partie de cette singulière vallée est occupée par les lacs Ness, Oich, et Lochy. Sa longueur est d'à peu près 62 milles; le point de séparation d'où les eaux prennent des routes différentes, c'est-à-dire, du N. E. à la mer d'Allemagne, et du S. O. à la mer Atlantique, est entre le lac Oich et le lac Lochy; et, à vue d'œil, je pense que ce point n'est pas élevé de plus de 10 ou de 15 pieds au-dessus de la surface de chaque lac. La contrée par-tout est sauvage et montagneuse, et les ruisseaux qui descendent de là dans la vallée, tombent ou directement dans les lacs, ou tournent brusquement à angles droits lorsqu'ils entrent dans la vallée. Cependant, quoique le fond de cette vallée soit composé de terres d'alluvions, à l'exception peut-être de quelques rocs qui paroissent à la surface, il n'a certainement pas été creusé par les rivières qui y coulent maintenant. Il faut observer que la direction de la vallée est la même que celle des strata verticaux qui composent les montagnes des deux côtés.

Nous avons donc ici une vallée qui n'a été coupée par aucun des ruisseaux qui existent aujourd'hui; et nous pouvons, pour l'expliquer, mettre à l'épreuve l'hypothèse d'une *débâcle*. Elle sera pour nous d'un bien foible secours, parce que, si nous supposons que ce qui est creux maintenant a été comblé autrefois par la même espèce de roches qui est de chaque côté, aucune force de torrens n'a pu subitement détacher, et chasser de sa place un volume d'une si grande étendue. Une colonne d'eau, plus grande que celle qui auroit eu pour base une section transversale de la vallée, n'auroit pu agir contre elle, et auroit vaincu la cohésion et l'inertie d'une colonne de roche

Alpes, est stratifiée horizontalement, et où, en conséquence, la position tranquille des lits

---

gueront, sans doute, que, quoique ces vallées n'aient pas été ouvertes par elle, d'autres peuvent l'avoir été. Mais il faut considérer que, si quelques-unes des plus grandes et des plus profondes vallées de la surface de la terre, telles que celle du côté oriental du Mont-Blanc, dont nous avons parlé, sont prouvées être le travail de la destruction journalière qui s'opère à la surface, quelles sont les autres inégalités assez considérables pour nécessiter l'interposition d'une cause plus puissante? Si un *dignus vindice nodus* n'existe pas ici, dans quelle partie de l'histoire naturelle est-il vraisemblable que nous le trouvions?

203. Un des argumens, dont on se sert en faveur d'une *débâcle*, est fondé sur ces énormes masses de roches que l'on rencontre éloignées de leur place native. Nous avons, cependant, déjà montré qu'en supposant

d'une section égale et de la longueur de 62 milles. Certainement, on peut affirmer sans trop de témérité, que l'eau, quelle que soit sa rapidité, celle même qu'elle acquiert en tombant d'une hauteur infinie, jamais elle n'a pu avoir une force capable de produire ce grand effet.

L'explication de cette vallée qui me paroît la plus probable est la suivante. Je montrerai, par la suite, qu'il faut supposer que, dans bien des parties de notre île, le niveau relatif de la mer et de la terre a été autrefois considérablement plus élevé qu'à présent. Dans ce cas, cette vallée peut avoir été sous la surface de la mer, sa plus haute partie ayant à peine 100 pieds au-dessus du niveau actuel. Elle peut avoir été une espèce de détroit ou de canal qui réunissoit la mer d'Allemagne avec l'Atlantique; et les grands courans de ces deux mers qui ont agi par leurs marées dans des temps différens, doivent avoir alternativement travaillé ce canal du haut en bas, produit le niveau du fond, aligné les côtés, et élargi les extrémités dont nous avons parlé. Par ce moyen, également, nous écartons quelques difficultés par rapport au lac Ness, dont la profondeur est si immense, qu'on a de la peine à l'accorder avec la longue période de destruction qu'il faut supposer aux montagnes qui sont sur ces rives. Sa profondeur, dit-on, la plus grande n'est pas moins de 180 brasses. D'après cette hypothèse, ce lac peut avoir été une partie du fond de la mer, dans une période qui n'est pas très-reculée.

minéraux nous fait rapporter toutes les iné-
galités présentes de la surface à l'opération

---

re une surface toute différente de celle d'à pré- sur-tout, en supposant l'absence des vallées rivières ont graduellement creusées, le transport de ces pierres n'est pas impossible, même par les pouvoirs qu la Nature emploie aujourd'hui. Maintenant en ne supposant pas que la surface ait été plus con e, que les inégalités actuelles n'aient pas existé, aucu de torr quels qu'aient été sa rapidité et son vo effectuer ce transport de pierre. L'eau n a qui ait pu élever, du fond d'une vallée jusq sommet d'une colline escarpée, une pierre semblable à celle de *Pierre-le-Gouté*. En effet, si nous supposons qu'un grand fragment de roche soit précipité, le long d'un plan horizontal ou incliné, par la force de l'eau, au moment où il atteindra le fond de la vallée, et qu'il aura à surmonter une élévation un peu escarpée, il s'arrêtera; l'eau elle-même perdra de sa rapidité, et les corps graves qu'elle charie n'iront pas plus loin. C'est pourquoi nous concluons par le dilemme suivant: Si nous ne supposons pas que, dans les temps passés, la surface ait eu un certain degré d'uniformité, une *débâcle* est insuffisante pour le transport des pierres : si nous supposons cette uniformité, une *débâcle* n'est pas nécessaire.

204. Un autre fait, qu'on a supposé favorable à l'opinion de l'action des grands torrens, est que, dans des contrées semblables à celles qui environnent Edimbourg, où les collines de *whinstone* s'élèvent au-dessus des strata secondaires, on observe une uniformité constante dans la direction de leurs escarpemens. Ainsi, dans le pays que nous venons de citer, les côtés escarpés font face à l'ouest, tandis que, dans la direction opposée, la pente est douce, et les collines descendent graduellement jusque dans la plaine. On suppose donc de là qu'un torrent, roulant de l'ouest à l'est, a enlevé

de la ruine ou de la dégradation. Ces montagnes, dans leur état présent, peuvent, avec

---

les strata du côté occidental de ces collines; mais, qu'arrêté par la roche de *whinstone*, il a laissé les strata du côté oriental dans leur place naturelle.

Mais, outre qu'aucune force dans un torrent n'auroit pu remuer à la fois des corps de strata de 300 ou 400 pieds, et d'une épaisseur même de 800 ou de 1000 pieds, ce qu'il faudroit pourtant supposer, si cette explication étoit la bonne, il existe une circonstance qui peut nous aider peut-être à rendre raison de ce phénomène sans le secours d'une cause extraordinaire. Les strata secondaires sur lesquels, dans cette partie de l'Ecosse, reposent les collines de *whinstone*, ne sont pas horizontaux, mais ils s'élèvent et dominent l'ouest, en s'enfonçant vers l'est. Le côté cependant de la colline de *whinstone*, qui est escarpé, est le même que celui vers lequel les strata s'élèvent. Alors, d'après la supposition qu'on établit pour l'élévation de ces collines, il est vraisemblable que les strata ont été, pour la plupart, brisés et dispersés vers ce côté, tandis que de l'autre ils ont eu pour support la roche de *whinstone*. Ils seroient donc devenus une proie, pour les causes communes de l'érosion et de la ruine, plus facile sur le côté plus élevé que sur le plus bas. Les ruisseaux qui couloient sur les hauteurs les auroient rongés beaucoup plus vite, et l'action de ces ruisseaux auroit trouvé de la résistance dans l'extrême dureté du *whinstone*, au moment où l'on prétend que le torrent de la *débâcle* a eu lieu.

Il faudroit observer aussi que la direction uniforme des faces escarpées des montagnes est souvent généralisée d'une manière trop prompte. Dans les contrées primitives, on observe seulement, que les escarpemens des montagnes sont le plus souvent tournés vers la chaîne centrale. En Écosse, aussitôt que vous quittez le pays plat, et que vous entrez dans les montagnes, les escar-

justesse, être comparées à ces piliers de terre que les ouvriers laissent derrière eux, pour

---

pemens des collines se tournent vers tous les points du compas, et sont dirigés aussi souvent vers l'est que vers l'ouest.

205. Par-tout où les strata sont horizontaux, ils donnent les plus grands éclaircissemens sur la direction et les progrès de la ruine du sol. La position inclinée des strata, qui, dans tout autre cas, doit entrer pour beaucoup dans notre calcul des causes qui ont produit les inégalités actuelles de la surface de la terre, disparoît ici entièrement, et toutes ces inégalités sont attribuées aux opérations sur la surface, ou subites, ou graduelles. Barrow, dans ses *Voyages de l'Afrique méridionale*, rapporte un fait très-important d'une contrée semblable à la nôtre. Les montagnes des environs du cap de Bonne-Espérance, et aussi loin vers le nord que ce célèbre voyageur a pu pénétrer, sont principalement des strata horizontaux de pierre de sable et de chaux, offrant, sur leurs escarpemens, l'apparence de lignes régulières de maçonneries, de tours, de fortifications, etc. Parmi toutes ces montagnes, il a observé que les côtés élevés et escarpés étoient constamment tournés vers les rivières, tandis que leurs pentes douces étoient dans la direction opposée. En voyageant vers le nord, il a traversé la ligne de séparation où les eaux quittent le midi pour prendre une direction au nord; et il a trouvé que la pente graduelle, qui jusqu'ici avoit été tournée vers le nord, faisoit face maintenant au sud. De même, les escarpemens des montagnes, au lieu de regarder le midi, se tournoient vers le nord (*).

Il est donc évident que la forme de cette contrée a éte déterminée par le travail lent des ruisseaux. Les causes productrices de ces effets ont commencé leur action depuis le point de la plus grande élévation, et

(*) Voyages de Barrow dans l'Afrique méridionale, pag. 245.

servir de mesure à toute la quantité qu'ils ont ôtée. Comme les piliers (ou, pour mieux dire,

---

se sont étendues de là, des deux côtés, dans des directions opposées. Tel est le caractère le plus saillant qui puisse indiquer les opérations alluviales, et les distinguer de ce pouvoir d'une grande *débâcle* qui bouleverse tout.

206. Enfin, s'il existe quelque part une colline, ou une grande masse composée de pierres brisées et sans forme, jetées pêle-mêle comme des décombres, sans figure de gravier, ni sans arrangement régulier, nous ne pouvons lui donner d'autre origine que le *detritus* ordinaire et l'érosion de la terre. Jusqu'à présent cela ne s'est point encore rencontré; et, avant de chercher à l'expliquer, il me paroît prudent d'attendre que le phénomène ait été observé.

Ces argumens me paroissent concluans contre la nécessité de supposer l'action de causes subites et irrégulières sur la surface de la terre. Ici, si je ne me trompe, Pallas, Saussure, Dolomieu, ni aucun des auteurs qui ont adopté cette hypothèse, n'ont développé leurs idées avec assez de précision; au contraire, ils ont tous parlé avec cette réserve et ce mystère qui, en paroissant trahir la foiblesse de leur cause, pourroit en avoir caché la force. J'ai donc eu à combattre un ennemi pour ainsi dire inconnu, et je puis le supposer en retraite, ne fût-ce que parce que je n'ai pu pénétrer jusque dans ses retranchemens. Au reste, la question va prendre bientôt une figure déterminée. Un zélé partisan de la théorie du docteur Hutton a manifesté dernièrement son approbation pour cette hypothèse, que nous venons de démontrer si contraire à cette théorie (*); et, par son habileté et l'exactitude de ses recherches, il est probable qu'il va lui donner toute la force dont elle est susceptible.

(*) Transact. de la Société Royale d'Edimb. vol. 5, pag. 68.

[redacted]

les montagnes) sont, dans ce cas, d'une moindre hauteur qu'ils n'ont été autrefois, la mesure qu'ils donnent n'est qu'une limite que la quantité cherchée excède nécessairement.

114. Tels sont, suivant la théorie du docteur Hutton, les changemens que la destruction opère chaque jour sur la surface du globe. Ces opérations peu considérables, prises séparément, deviennent immenses en concourant toutes au même but, sans jamais se contrarier, et en suivant toujours la même direction dans une période de temps infini. Ainsi, chaque chose descend, et rien ne remonte; les corps durs et solides se dissolvent par-tout, et ceux qui sont mous et tendrès ne se consolident nulle part. Les puissances qui tendent à conserver, et celles qui tendent à changer la surface de la terre, ne sont jamais en *équilibre* : les dernières, dans tous les cas, sont les plus fortes; et, eu égard aux premières, elles sont comme les forces *vitales* comparées avec celles *de la mort*. La loi de destruction est une de celles qui ne souffrent point d'exceptions : les élémens de tous les corps ont été autrefois libres et sans liaison, et la nature a ordonné qu'ils retourneroient tous au même état.

115. Cela ne prouve rien contre la réalité de cette progression, qui est trop lente pour être aperçue immédiatement par l'homme: sa partie la plus éloignée que notre expé-

rience puisse saisir, n'est rien en comparaison du tout, et doit être considérée comme l'*incrément* momentané d'une immense progression, qui n'a d'autres limites que la durée du Monde. *Le temps* se charge de la fonction *d'intégrer* les parties divisées à l'infini dont se compose cette progression ; il les réunit en une somme, et en fait un total plus grand que tout ce qu'il est possible d'imaginer.

116. Tandis que, sur la surface de la terre, tout va par-tout en diminuant, il ne se forme, dans aucune région accessible à l'homme, de nouvelles substances minérales. Les exemples tirés des pétrifications, ou la formation des substances pierreuses par le moyen de l'eau, soit comme concrétions ferrugineuses ou calcaires, ou, ce qui arrive rarement, comme stalactites siliceuses, sont en trop petit nombre, et d'une étendue trop peu considérable, pour faire exception à la règle générale. Aussi, les corps ainsi composés ne sont pas plutôt formés, qu'ils sont sujets à la ruine et à la dissolution comme les autres substances dures; de manière qu'ils ne font que retarder d'un instant l'opération progressive qui réduit toutes les substances en poussière, et les porte plus ou moins tard dans le fond de l'abîme.

117. Nous sommes loin (xixe note) cependant de penser qu'il n'y a plus de moyens de

---

(xixe note) *Transport des matières par la mer*, 207. On peut supposer, avec fondement, qu'il faut donner quelques éclaircissemens sur l'existence des grandes opérations qui charient, jusque dans les profondeurs de l'Océan, les dépouilles de la terre : ainsi, il faut faire attention aux circonstances suivantes.

Lorsque le *detritus* des continens est porté dans la mer par les rivières, les parties les plus pesantes se déposent les premières, et les plus légères sont emportées très-loin du rivage. L'amas des substances, qui devroit se faire sur la côte, est détruit par les marées et les courans, qui rongent tous les dépôts, et les éloignent graduellement de la terre. Il est impossible de douter de cette opération; car sans elle nous aurions, sur le bord de la mer, une accumulation constante et illimitée de sable et de gravier, qui, renouvelée sans cesse par la terre, augmenteroit en proportion sur le rivage, si la nature n'avoit pas les moyens de jeter, dans l'intérieur de l'Océan, les nouvelles provisions pour faire place à celles qui doivent arriver.

L'agitation constante des eaux, et la pente du fond, sont sans doute les causes de cette déposition graduelle et immense. Une masse molle de dépôts d'alluvions, ayant ses pores remplis d'eau, et étant sujette aux vibrations du fluide qui la couvre, cédera à la pression de ce fluide du côté de la plus foible résistance, c'est-à-dire, du côté tourné vers la mer, et s'étendra ainsi graduellement et de plus en plus jusque dans le fond. Cela arrivera non seulement aux parties les plus fines du *detritus*, mais même aux plus grossières, telles que le sable et le gravier : car, supposons qu'un corps de gravier soit placé sur un plan un peu incliné, au moment qu'il est recouvert d'un volume d'eau considérable, que l'eau soit sujette non seulement à des marées calmes, mais encore à une agitation assez violente pour mettre en mouve-

réparer ces désastres ; car, en comparant la conclusion à laquelle nous arrivons mainte-

ment tout l'Océan ; alors le gravier, devenu plus léger par son immersion, et plus exposé au mouvement, sera alternativement élevé et abaissé lorsque les ondulations seront considérables ; alors, à chaque fois qu'il sera élevé, quelque petit que soit l'espace, il accélérera sa chûte, et ne retombera jamais au point d'où il sera parti : il gagnera donc un peu de terrain à chaque ondulation, et tracera ainsi lentement sa route vers les profondeurs de l'Océan, et vers les parties les plus basses qu'il pourra atteindre. Autant on peut le présumer en suivant une marche qui ne peut être soumise à l'observation immédiate, voilà un des grands moyens qui servent à transporter à une grande distance les matières de toute espèce détachées, et à les étendre en lits au fond de l'Océan.

208. Les parties les plus déliées sont les plus faciles à transporter à de grandes distances par l'eau, où elles sont suspendues, et qui les dépose très-graduellement et très-lentement. Nous en avons une preuve très-remarquable dans une observation de lord Mulgrave, faite dans son voyage au pôle Nord. A la latitude d'environ 65 degrés, et à la distance à-peu-près de 250 milles de la terre la plus proche, la côte de Norwège, il jeta une sonde de 683 brasses ou 4098 pieds ; et le plomb, en touchant le fond, pénétra dans une argile bleuâtre, de la profondeur de 10 pieds (*). L'extrême finesse de la vase, qui permit au plomb de s'enfoncer si profondément, n'a pu être que le résultat d'un dépôt de la terre la plus légère, qui, suspendue dans l'eau, a été transportée à une grande distance, et étoit en train alors de former dans le fond de la mer un stratum régulier.

209. La quantité de *detritus* apportée par les rivières, et répandue sur tout le fond de la mer, est si grande,

(*) Voyages de Phipp. pag. 74 et 141.

nant, savoir, que les continens actuels se detruisent journellement, et que leurs ma-

---

que la profondeur de plusieurs détroits a été par là sensiblement diminuée. On a calculé que la profondeur de la Baltique diminuoit de 40 pouces dans cent ans. La mer Jaune, ce grand golfe contenu entre la côte de la Chine et la presqu'île de Corée, reçoit, des rivières qui s'y déchargent, tant de vase, qu'il en a emprunté la couleur, ainsi que le nom; et les navigateurs européens, qui y ont voyagé depuis peu, ont observé que cette vase suivoit tellement la marche des vaisseaux, qu'à une distance considérable on en pouvoit voir encore la trace (*). On a compté en combien de temps cette vase pourroit remplir ce golfe, et l'enlever à l'Océan : mais le défaut d'exactitude dans les dates s'oppose à la précision des résultats, et les erreurs doivent venir de ce que la majeure partie des terres, portées dans le golfe par les rivières, est enlevée par les courans et les marées, et que les parties les plus déliées sont probablement charriées à de grandes distances dans l'océan Pacifique (**). Cependant le simple essai d'un pareil calcul montre, à tout observateur attentif, l'évidence de ce remplissage progressif; et, quoiqu'on ne puisse pas déterminer la mesure, il n'existe pas moins des opérations réelles, qui travaillent à la ruine des continens actuels pour former de nouvelles terres.

210. Les bancs de sable, comme ceux qui abondent dans la mer d'Allemagne, quelle que soit leur origine, et leur forme, sont certainement modifiés et déterminés par les marées et les courans. Sans l'opération de ces derniers, les bancs de sable mouvant, et la vase, pour-

(*) Relation de l'ambassade en Chine par Staunton, vol. 1, pag. 448.

(**) La Perouse, en navigant le long de la Chine, depuis Formose, jusqu'au détroit qui sépare la Corée du Japon, quoique éloigné de la terre de 50 ou 60 lieues, trouva le fond à la profondeur de 45 brasses, et quelquefois à celle de 22. (Atlas du voyage de La Pérouse, n°. 43.)

tières descendent dans l'Océan, avec la proposition mise d'abord en avant, savoir, que

---

roient difficilement conserver leur configuration, et ne seroient point entrecoupés par une multitude de canaux étroits. La formation des bancs de la côte de Hollande, et du banc de Dogger lui-même, a été attribuée à la rencontre des marées, qui produit dans les eaux un état de tranquillité, et en conséquence un dépôt plus considérable de vase. Le grand banc de Newfondland même semble être déterminé, dans son étendue, par le courant du golfe. Dans la mer du Nord, le courant qui vient de la Baltique a évidemment déterminé la forme des bancs de sable opposés à la côte de Norwège, et nettoyé, dans leur centre, une place circulaire dont il est impossible de ne pas reconnoître la cause.

Aux preuves que nous venons d'avancer en faveur du transport des matières, par l'action des eaux, à une distance infinie, nous pouvons ajouter l'observation bien connue, que les pierres apportées par le plomb de la sonde sont généralement rondes et polies, et presque jamais tranchantes ni angulaires; ce qui ne seroit pas, si elles n'étoient soumises à une continuelle trituration.

211. Les courans sont sans doute le grand agent qui répand au fond de la mer le *detritus* de la terre. On les connoît depuis long-temps, mais ce n'est que depuis les derniers progrès de la navigation qu'on les a regardés comme faisant un système permanent, régulier et étendu, étroitement lié aux vents alisés, et aux autres circonstances de l'histoire naturelle du globe. Depuis lors, on a observé que le courant de l'abîme transportoit l'eau et la température des Tropiques dans les climats du Nord; c'est aux recherches du major *Rennel* que nous devons la connoissance d'un grand système de courans, dont celui qui nous occupe n'est qu'une partie. Ce géographe, si ingénieux dans l'art d'enrichir les détails de sa science par les faits les plus intéressans dans l'histoire et la physique, a montré que le long de

ces mêmes continens sont composés de débris des anciennes roches, il est impossible de ne

---

la côte orientale de l'Afrique, depuis à peu près l'embouchure de la mer Rouge, il y avoit, vers le S. O., un courant de cinquante lieues de large (*). Il double le cap de Bonne-Epérance, roule de là au N. O. en conservant la direction de la côte, mais il s'enfonce si loin dans l'Océan qu'aux environs de Sainte-Hélène, sa largeur excède 1,000 milles. De là, à mesure qu'il s'approche de la ligne, sa direction tend plus vers l'est; dans la parallèle du 5° nord, il en rencontre un autre venu du nord le long de la côte occidentale d'Afrique, et tous deux réunis traversent l'Atlantique sur une ligne à peu près S. O., et d'un cours extrêmement rapide et vaste. Il touche la terre d'Amérique au cap Saint-Roc, où il est joint à un autre qui longe le rivage oriental de ce continent, et qui se dirige au nord. Ils coulent ensemble vers la même direction jusqu'à ce qu'ils entrent dans le golfe de la Floride : là, comme s'ils en étoient repoussés, ils forment le grand courant qui va le long des côtes de l'Amérique septentrionale, et qui passe jusqu'aux Isles Britanniques, à travers l'Atlantique. Ensuite il tourne au sud, s'avance jusqu'aux côtes d'Espagne et d'Afrique, se réunit à celui qui vient du sud, et continue ainsi son circuit continuel. La rapidité de ces courans n'est pas moins extraordinaire que leur étendue. Au cap de Bonne-Espérance, elle est estimée à trente milles marins dans vingt-quatre heures, et dans quelques endroits à quarante-cinq, et, sous la ligne, à soixante-dix-sept. Lorsque celui dont nous parlons sort des détroits de Bahama, il fait quatre lieues par heure, et s'avance jusqu'à la distance de 1,800 milles avant que sa rapidité soit réduite à la moitié de cette quantité. Dans la parallèle du 38°, 1,000 milles environ au-dessus du détroit dont nous venons de parler, on

(*) Géographie d'Hérodote, pag. 672.

pas

pas reconnoître deux vestiges correspondans de la même progression, progression par la-

---

a trouvé que l'eau de ce courant avoit dix degrés de plus de chaleur que l'air.

212. Le cours du grand courant est tellement fixé et régulier, que tous les ans on trouve, sur les côtes occidentales des Isles de l'Ecosse, des noix et des plantes venues des Indes occidentales. Le mât d'un vaisseau de guerre, brûlé à la Jamaïque, a éte porté plusieurs mois après, jusque sur les Hébrides (*), après avoir fait un voyage de plus de 4,000 milles, par le moyen d'un courant qui, au milieu de l'Océan, a conservé son cours aussi droit que celui d'une rivière sur la terre.

Le grand système des courans, ainsi tracé à travers l'Atlantique, a sans doute des phénomènes qui lui correspondent dans les océans Indiens et Pacifiques que l'industrie des navigateurs découvrira un jour. Le tout paroît lié avec les vents alisés, avec la figure de nos continens, la température des mers, et peut-être avec quelques-unes des inégalités de la structure du globe. Le mouvement, produit par ces causes dans l'équilibre de la mer, va probablement jusqu'à ses profondeurs, et donne naissance aux contre-courans, qu'on remarque souvent à une grande profondeur sous la surface.

Le grand transport des matières, qui résulte de l'action combinée (**) de ces courans, sert à diminuer beaucoup notre étonnement, et à expliquer comment les productions d'un climat sont renfermées dans les fossiles d'un autre. Dans toutes ces révolutions du globe, l'économie de la nature a été uniforme sous ce rapport, comme sous tous les autres, et ses lois sont les seules choses qui aient résisté au mouvement général. Les rivières et les roches, les mers et les continens ont été changés dans toutes leurs parties; mais les lois qui ont

(*) Zoologie arctique de Pennant, pag. 70.

(**) Hist. Natur. de Buffon, suppl. tom. IX, pag. 479, in-8°.

dirigé ces changemens, et les règles auxquelles ils sont soumis, sont restées invariablement les mêmes.

On a fait des objections contre ce transport de matières par les eaux de l'Océan, supposé dans cette théorie; M. Kirwan sur-tout, dans ses Essais géologiques: et, quoique je pourrois me borner à la remarque déjà faite, que le système Neptunien renferme des suppositions du transport des corps solides par la mer dans les premiers âges du monde, aussi étonnantes que celles de notre théorie, qui attribue ce transport à toutes les époques, je ne veux pas me contenter d'un simple argument *ad hominem*, dont la fausseté est si aisée à découvrir.

213. Voici une des objections de M. Kirwan contre le dépôt des matières au fond de la mer: « Frisius a » remarqué, dit-il, dans ses traités mathématiques, » que, s'il s'amassoit, dans l'intérieur de l'Océan, une » masse considérable de substances, le mouvement » diurne du globe seroit troublé, et conséquemment » sensible; phénomène cependant, qui n'est consigné » dans aucune histoire, ni dans aucune tradition (*).

Cette citation de Frisius n'est pas heureuse, puisque ce philosophe a démontré le contraire de l'opinion de M. Kirwan, et a prouvé que, quoique ce changement du mouvement diurne puisse être réel, il ne peut être sensible. Après avoir cherché une formule qui exprime la loi que ces changemens doivent suivre nécessairement, il conclut: « *Hâc autem formulâ manifestum fiet, ex iis omnibus variationibus quæ in terrestri superficie observari solent, montium et collium abrasione, dilapsu corporum ponderosiorum in inferiores telluris sinus, nullam oriri posse variationem sensibilem diurni motûs. Nam si statuamus, datâ aliquâ annorum periodo, terrestrem superficiem ad duos usque pedes abradi undique, eam vero materiæ*

(*) Essais géol. pag. 441.

à une série de métamorphoses, et alternati-

---

quantitatem ad profunditatem pedum 1,000 *dilabi; erit omne quod indè orietur incrementum velocitatis diurni motûs* $\frac{30,000}{(19,638,031)^2} = \frac{1}{12,855,068,184}$ (*). »

Ici, il est évident que Frisius admet sur la surface les changemens en question, et il montre que leur tendance à accélérer le mouvement diurne de la terre est si foible, que, dans l'espace au moins de deux cents ans, l'augmentation du mouvement diurne ne seroit qu'une partie de ce mouvement, tel que la fraction précédente l'est de l'unité (**).

214. L'exemple que nous venons de donner, peut

(*) Œuvres de Frisius, tom. III, pag. 269.

(**) Le temps requis pour que la ruine et l'érosion puissent enlever deux pieds de la surface de tous nos continens, et les déposer au fond de la mer, ne peut pas monter à moins de 200 années. La fraction $\frac{1}{12,855,068,184}$, réduite en parties d'un jour est $\frac{1}{148,554}$ d'une seconde; de manière qu'il faudroit 200 ans pour raccourcir la longueur du jour de la fraction de seconde ci-dessus énoncée; et par conséquent il faudroit 148,554 fois 200 ans, ou 29,710,800 ans pour diminuer cette longueur d'une seconde entière. L'effet accumulé cependant de toutes ces dimensions, pendant cette période, monteroit beaucoup plus haut; et si nous avions une mesure parfaitement uniforme, pour comparer le mouvement de la terre, ses différences, d'après cette mesure, augmenteroient comme les carrés du temps, et l'accélération totale monteroit à une seconde dans 77,080 ans. Quel que soit le rapport de ce calcul avec l'âge du globe, cet âge surpasse plus de dix fois celui de tous les monumens historiques.

Quoique Frisius conclut, comme on voit, que l'accélération, produite dans le mouvement diurne de la terre, est trop peu de chose pour être un objet d'observation astronomique, il fait une supposition difficile à accorder avec cette conclusion, que l'accélération a eu un effet sensible sur la figure de la terre, ou plutôt de la mer, puisqu'elle a augmenté la force centrifuge, et ramassé par ce moyen les eaux sous l'équateur en plus grande quantité aujourd'hui, que dans les siècles passés. Il regarde cette accumulation des eaux comme conforme à certaines apparences observées dans l'ancien niveau de la mer. Nous nous occuperons de ces apparences par la suite : il suffit de

vement dévastées et renouvelées. De même,

---

servir à montrer quelle confiance on doit avoir dans cette masse indigeste de faits et de citations que M. Kirwan a puisés par-tout, sans discernement et sans discussions. Je ne crois pas qu'il ait l'intention de tromper ses lecteurs ; mais nous pouvons juger du peu de précautions qu'il a prises pour ne pas se tromper lui-même.

Sous quelques rapports, on peut regarder comme imparfait le résultat des recherches de Frisius. S'il n'existoit pas dans les parties de notre globe un mouvement relatif qui fait descendre les objets d'un niveau plus haut vers un plus bas, il auroit une accélération continuelle de rotation, suivant le calcul ci-dessus énoncé, quoique extrêmement lente. Mais, comme dans l'intérieur de la terre il y a sans doute des mouvemens de tendance opposés à ceux de la surface, et dirigés du centre à la circonférence, ils doivent produire un retard dans la révolution diurne ; de là doit venir une irrégularité, sans progression uniforme, vers la même direction, mais périodique, et renfermée dans certaines limites, comme les causes qui la produisent (*).

215. La deuxième objection de M. Kirwan est fondée

remarquer ici que, quoique la fraction qui exprime l'augmentation de la force centrifuge, doive être le double de celle qui exprime l'accélération, elle doit être trop petite pour avoir un effet susceptible d'élever la mer, excepté après un intervalle de temps immense ; et les compensations qui viennent des autres causes, s'opposeront toujours à ce que cette accélération devienne sensible dans aucun laps de temps supposé.

(*) Dans la descente même des corps d'un plus haut vers un plus bas niveau à la surface de la terre, toute la tendance ne va pas jusqu'à augmenter la vélocité de la rotation de la terre, et il existe des compensations qui, lorsqu'on ne considère la matière qu'en général, sont nécessairement négligées. Cela paroîtra évident, si nous réfléchissons que ce n'est pas simplement l'approche d'un corps vers le centre de la terre, ou son éloignement du centre, qui tend à troubler la rotation de la terre, mais son approche ou son éloignement de l'axe. La vélocité avec laquelle une particule de matière

comme les substances minérales actuelles

---

sur le mal entendu d'un fait bien connu dans l'histoire naturelle de la terre. « Les rivières, dit-il, ne portent » point dans la mer les dépouilles qu'elles enlèvent de » la terre, mais elles les emploient, comme le major » Rennell l'a prouvé, à former, à leur embouchure, les » DELTA des terres basses d'alluvions. » Le fait de la formation des *delta* par les dépouilles que les rivières charrient des terrains les plus élevés, est très-avéré; et le détail dans lequel entre le major Rennell sur le passage rapporté par M. Kirwan, prouve l'adresse et l'exactitude de cet excellent géographe. Mais il n'y est pas dit que les rivières emploient *toutes* les substances

tourne ou sur la surface, ou dans l'intérieur du globe, est proportionnelle à sa distance de l'axe de rotation; et c'est pour cela que, lorsqu'un corps approche le plus de l'axe, il perd une partie du mouvement qu'il avoit auparavant; cette partie en conséquence est communiquée à toute la masse de la terre, et tend à augmenter la vélocité de sa rotation. Le contraire arrive lorsqu'un corps s'éloigne de l'axe, car alors il reçoit une addition à sa vélocité, qui par conséquent est enlevée au mouvement rotatoire de la terre.

C'est ainsi que des corps, mus sur un plan horizontal, peuvent augmenter ou diminuer la vitesse du mouvement diurne, suivant leur direction ou vers les pôles ou vers l'équateur; et ceux qui descendent d'un plus haut vers un plus bas niveau, troublent la rotation de la terre, beaucoup plus en conséquence de leur mouvement horizontal, que de leur mouvement perpendiculaire. Le Gange, par exemple, quoique sa source n'ait pas moins de 7,000 pieds d'élévation au-dessus du niveau de la mer, tend à retarder la rotation de la terre en transportant ses eaux et la vase qu'elles contiennent, depuis la parallèle du 31° jusqu'à celle du 22°, et en augmentant ainsi leur distance de l'axe de la terre de plus d'un douzième. Si le Gange couloit vers le Nord, comme le Nil, les effets qu'il produit seroient précisément le contraire.

De même une pierre qui descend du sommet d'une montagne peut accélérer ou retarder la rotation de la terre, d'après la direction qu'elle prend: si elle descend vers le côté où le pôle est élevé, elle produira une accélération, parce que sa distance de l'axe sera diminuée; mais, si elle descend vers le côté où le pôle est abaissé, et si sa direction est sur une ligne moins inclinée que celle qui seroit tirée du même point au pôle abaissé, alors elle produira un retard, parce que sa distance de l'axe sera augmentée.

Supposons, par exemple, que le sommet du Mont-Blanc soit à la latitude de 45° 49', et que sa hauteur soit de 2,450 toises au-dessus du niveau de la mer: le point auquel une ligne, tirée du sommet de cette montagne, pa-

[redacted]

tirent leur origine de substances qui leur sont

---

qu'elles emportent avec elles pour former ces delta, et qu'elles n'en jettent aucune dans la mer. Au contraire, elles emportent du *delta* lui-même, et la vase, et la terre qu'elles ne peuvent déposer ailleurs que dans la mer; c'est cette circonstance sur-tout qui borne l'accroissement des terres d'alluvions, ou qui ne le favorise que lentement et après une certaine période, quoique le supplément de terre qui arrive des hauteurs soit presque toujours le même. Pour rendre l'argument de M. Kirwan concluant, il faudroit prouver que *toute* la vase, charriée par le Nil ou par le Gange, a été déposée sur le plat pays avant que ces fleuves entrassent dans la mer; l'envie seule de trouver une conclusion contre le système Plutonique, a pu l'empêcher d'apercevoir toute l'absurdité de cette opinion (*).

216. Une remarque que le major Rennell a faite

rallèle à l'axe de la terre, rencontrera la superficie de la mer (en supposant cette superficie continuée depuis la Méditerranée jusque dans l'intérieur des terres), doit être à une distance horizontale d'environ 2,382 toises, ou à peu près 2 $\frac{1}{2}$ minutes sud du sommet, c'est-à-dire, dans la parallèle de 45° 46 $\frac{1}{2}$ minutes; et, si cette parallèle est continuée autour du globe, les points de la surface de la terre entre elle et l'équateur, sont tous beaucoup plus éloignés de l'axe de la terre, que le sommet du Mont-Blanc, tandis que tous les points de sa partie septentrionale sont plus rapprochés de cet axe. Ainsi une pierre détachée du sommet du Mont-Blanc, et portée vers le sud de la parallèle en question, retardera le mouvement diurne de la terre; mais, transportée au nord de la même ligne, elle accélérera ce mouvement.

La même quantité de matière, cependant, portée à une égale distance vers le pôle, et vers l'équateur, quel que soit le point de départ, perdra plus de vélocité dans le premier cas qu'elle n'en gagnera dans le second, ce que prouve aisément la nature du cercle. C'est pourquoi, en supposant une dispersion égale du détritus d'une montagne dans toutes les directions, les parties qui iront vers le pôle troubleront davantage le mouvement diurne, et ameneront un balancement qui, comme on l'a déjà observé, sera en faveur de l'accélération.

(*) L'exemple cité dans les Essais géologiques, tiré des Voyages de l'abbé Fortis, sur des urnes jetées dans l'Adriatique depuis plus de 1,400 ans, qui ne sont point encore recouvertes de vase, doit être l'effet de circonstances

semblables; ainsi, de la terre qui va mainte-

---

concernant l'embouchure des rivières, dans sa Géographie d'Hérodote, mérite l'attention de M. Kirwan, quoique peut-être il lui soit impossible d'en tirer une interprétation favorable à son système. Cette remarque consiste, en ce que les embouchures des grandes rivières sont souvent formées d'après des principes entièrement opposés les uns aux autres; de sorte que quelques-unes d'elles ont, à leur embouchure, un *delta* réel ou un triangle de pays plat, tandis que d'autres ont un bras de mer, ou, ce qu'on pourroit appeler improprement, un delta *négatif*. De la dernière espèce sont les plus grandes rivières du monde, la Plata, l'Orénoque, le Maranon, et la majeure partie des fleuves d'Europe. Personne ne peut douter que les trois fleuves ci-dessus nommés ne charrient autant de terres que le Nil, l'Euphrate et les autres. Tous ont fait dans la mer leurs dépôts, livrés aux courans qui balayent le rivage du continent de l'Amérique, et dispersent toutes ces substances dans l'étendue sans bornes de l'Océan.

Rien, en effet, n'est plus juste que l'observation du docteur Hutton, que, lorsqu'il se forme une terre plate à l'embouchure des rivières, elles apportent avec elles plus de matières que la mer n'est capable d'en emporter; mais, lorsqu'il ne se forme aucun dépôt, c'est que la mer peut emporter avec elle immédiatement tout ce qui arrive.

217. M. Kirwan a nié un autre principe, le pouvoir qu'a la mer de porter à une grande distance les substances qu'elle reçoit : « Quoique les rivières, dit-il, portent à la mer une grande quantité de particules de terre, *aucunes cependant ne vont à une grande distance;* mais elles sont ou déposées à l'embouchure, ou rejetées par les courans et les marées : la raison en est,

particulières et de causes locales, que nous ne connoissons pas. Quoique cet exemple soit contraire au dépôt de la terre près des rivages et dans les mers étroites, le fait général n'en est pas moins admis, je crois, par tout le monde.

[redacted]

nant en décroissant, se forment le sable et le

---

que la vague est toujours plus impétueuse à la marée montante qu'à la marée descendante; les flots qui avancent sont pressés en avant par une multitude d'autres qui sont derrière eux, tandis que ceux qui s'en retournent ne sont comprimés que par un très-petit nombre, comme peut le voir tout spectateur attentif; de là vient que tout ce qui a été précipité à la mer revient toujours, enfin, sur le rivage, et n'est point porté dans ses régions éloignées; ce qui arriveroit pourtant si les ondulations réciproques de la mer avoient un pouvoir égal (*). »

218. Mais, si *un spectateur attentif*, au lieu de se fier à une impression vague, ou de s'en rapporter à une théorie imparfaite d'ondulation, réfléchit sur un des faits les plus simples de la haute et basse marée, il sera peu disposé à admettre la conclusion de M. Kirwan. Il n'a qu'à considérer seulement que le flot de la marée monte pendant six heures, et qu'il descend de même pendant six heures; de manière que le même volume d'eau emploie le même temps pour arriver au rivage que pour s'en éloigner. Ainsi, la quantité de matières mises en mouvement, et la rapidité de ce mouvement sont les mêmes dans les deux cas; et il reste à M. Kirwan à démontrer en quoi peut consister la différence de leur force.

La force avec laquelle les vagues se précipitent sur nos rivages, ne vient pas de ce que la rapidité de la marée est plus grande dans une direction que dans une autre. En pleine mer, les vagues n'ont point de mouvement progressif, et la colonne d'eau s'élève et s'abaisse alternativement, sans autre action qu'une réciprocité continuelle; il s'établit entre les vagues une espèce d'équilibre; et chacune, également poussée et renvoyée par celle qui lui est opposée, reste à sa place.

(*) Essais geologiques de Kirwan, pag. 439.

gravier des rivages de la mer, ou le lit des ri-

Il en est autrement près du rivage : l'eau du côté de la terre, à raison de son peu de fond, est incapable de s'élever à la hauteur nécessaire pour balancer les grandes ondulations qui sont dans la mer. L'eau coule comme si elle venoit d'un plus haut vers un plus bas niveau, et se répand elle-même sur le bord. C'est ce qui produit les brisans sur nos côtes, et les ressacs (a) dans les mers du Tropique. Un rocher, un banc de sable, élevés au dessus de la surface, suffisent par-tout pour interrompre la succession naturelle des ondulations, en détruisant la réaction mutuelle des vagues, pour leur donner un mouvement progressif au lieu d'un mouvement réciproque.

Ce n'est cependant que d'une petite distance, que les vagues sont jetées sur le rivage par un mouvement progressif. L'étendue des brisans qui environnent les côtes est bornée en comparaison de la distance à laquelle sont portées les dépouilles de la terre; l'eau, dans les ondulations, monte à la surface, et retourne en arrière en gagnant le fond; et ces mouvemens contraires sont tellement égaux, que ce qui se passe sur le rivage n'est qu'une accumulation d'eau très-momentanée.

S'il en étoit autrement, et s'il étoit vrai que la mer rejette tout et n'emporte rien, nous aurions, le long de tous les bords, des amas perpétuels de terre et de sable, au moins aux embouchures de chaque rivière. Le fait contraire est d'une évidence frappante.

De même, quand les barres formées à l'embouchure des rivières ont atteint un certain volume, elles n'augmentent plus, non parce que la terre cesse de fournir de nouvelles provisions, mais parce que la mer travaille à détruire cet obstacle dans la proportion qui tend à

(a) *Brisans* et *ressacs*, termes de marine, qui expriment le choc des vagues arrêtées dans leurs ondulations.

(*Note du Traducteur.*)

vières; des coquilles et des coraux qui s'accu-

---

l'augmenter. Lorsque l'on examine donc avec attention les phénomènes qui ont été proposés comme contraires au transport indéfini des corps pierreux, on voit qu'ils en fournissent des preuves satisfaisantes.

Il est vrai que, lorsque les corps qui flottent dans l'eau sont transportés par les vagues sur un rivage en pente douce, ils sont jetés sur la terre plus loin que s'ils fussent retombés simplement sur un autre flot. La profondeur de l'eau, là où ils ont été portés, n'est pas probablement assez considérable pour les faire flotter de nouveau, et les reporter dans la mer. Ils restent donc par derrière; et c'est ce qui fait supposer à l'eau, pour pousser les corps flottans vers la terre, une force beaucoup plus grande qu'elle ne l'est en général.

Ces observations servent à montrer combien peu sont fondés les principes d'où découlent les conclusions de M. Kirwan : elles sont peut-être plus que suffisantes pour remplir ce but : c'étoit assez d'observer que l'accroissement de la terre sur le rivage soit limité, quoique les supplémens qui arrivent des terres soient certainement infinis, preuve que la diminution produite par la mer est constante, et dans la proportion de l'augmentation.

219. « Les marins, dit M. Kirwan, avoient coutume, il y a quelques siècles, de juger leur situation par l'espèce de terre ou de sable que leur rapportoit le plomb de la sonde : cette méthode n'a pu qu'induire en erreur, si la surface du fond n'est pas toujours restée la même (*). »

Il est vrai que, lorsque la navigation n'avoit pas le perfectionnement qu'elle a aujourd'hui, ces navigateurs avoient souvent recours à cette méthode, et qu'ils s'en servent encore aujourd'hui par occasion. Mais que conclure de là, sinon que les changemens, dans le fond de la mer, sont très-lents, et les variations presque nulles;

(*) Essais géol. pag. 240.

mulent tous les jours dans le sein de l'Océan, de ce bois flotté, et de cette énorme quantité de dépouilles animales et végétales déposées dans les eaux, de tout cela, en un mot, nous ne pouvons douter qu'il ne se forme à présent des strata dans ces régions où la nature semble avoir renfermé les puissances de la reproduction minérale; et que ces strata, par la suite devenus solides, ne sortent de nouveau de la mer, pour subir une suite de changemens semblables à tous ceux qui ont déjà eu lieu.

---

non seulement d'une année à l'autre, mais même d'un siècle à un autre. Les règles qui servent aux marins pour connoître leur position, d'après la qualité de la terre que le plomb rapporte, et qui, sans doute, sont fondées sur des observations faites à des époques peu éloignées, peuvent remplir ce but, quoique, pendant tout ce temps, il se soit opéré un changement lent. De semblables observations ne peuvent avoir que très-peu d'exactitude, et peuvent admettre de légères variations. C'est la lenteur du changement, pour ceci, comme pour toute autre chose, qui rend l'expérience d'un siècle applicable aux observations du suivant. Si nous prenons un long intervalle, il ne faut plus s'attendre à l'uniformité des résultats. Un pilote qui, à présent, jugeroit sa position dans la mer d'Allemagne, en comparant le résultat de sa sonde, avec celui de Pythéas (en supposant qu'il le connoisse), qui a traversé cette mer il y a plus de deux mille ans, pourroit à peine déterminer avec exactitude sa longitude et sa latitude. Je ne sais si l'avocat le plus zélé de l'immutabilité de la surface de la terre, voudroit confier son salut à un vaisseau qui seroit guidé par des règles aussi surannées.

118. Il ne nous appartient pas (xxe note) de déterminer combien de fois ces vicissitudes de destruction et de renouvellement ont été répétées : elles forment une série de laquelle,

---

(xxe note) *Inégalités dans les mouvemens planétaires.* 220. Les dernières découvertes de Delagrange et de Delaplace, qui ont tant contribué au perfectionnement de l'astronomie physique, appuient l'opinion que, dans les mouvemens des planètes, il n'y a nulle indication du commencement ou de la fin du présent ordre de choses. D'après le principe de la gravitation universelle, ces mathématiciens ont démontré que toutes les variations dans notre système sont périodiques; qu'elles sont bornées par certaines limites, et qu'elles consistent dans une altération de diminutions et d'accroissemens. Les orbites des planètes changent non seulement de position, mais même d'étendue et de forme : l'axe le plus long de chacune a un mouvement angulaire et lent, et sa longueur ne varie pas, quoique l'axe le plus court augmente et diminue, en sorte que la forme de l'orbite approche de celle d'un cercle, et s'en éloigne en oscillant. De même, l'obliquité de l'écliptique et l'inclinaison des orbites planétaires sont sujettes au changement; mais les changemens sont petits; et, étant d'abord dans une direction, ensuite dans une direction opposée, ils ne peuvent jamais s'accumuler au point de produire une altération permanente ou progressive. Ainsi, dans les mouvemens célestes, il ne peut arriver de désordre; aucune irrégularité, aucun trouble, provenans de l'action mutuelle des planètes, ne peuvent passer certaines limites; mais chacun d'eux apporte, avec le temps, sa propre compensation. L'ordre général est constant au milieu des variations des parties; et, dans le langage de Delaplace, il existe une certaine condition moyenne autour de laquelle notre système opère toujours ses *oscillations*, en faisant de petites vibrations de chaque côté, et en ne s'en écartant

comme le remarque l'auteur de cette théorie, nous ne pouvons voir ni le commencement, ni la fin ; ce qui s'accorde parfaitement avec ce que nous connoissons des autres parties

---

jamais beaucoup (*). Le système jouit ainsi d'une stabilité qui peut résister au laps d'une durée infinie; seulement il peut périr par une cause extérieure, et par l'introduction de lois nouvelles dont nous n'avons à présent aucune idée.

221. Le même *calcul* auquel nous devons ces importantes conclusions, nous instruit de deux circonstances qui montrent la loi en question comme l'effet d'une sagesse prévoyante, et l'exclusion absolue de la nécessité et du hasard. Une de ces circonstances, est que les mouvemens planétaires sont tous dans la même direction, ou tous *in consequentiâ*, comme le disent les astronomes. Ceci est essentiel à la compensation et à la stabilité mentionnées ci-dessus (**). Si une planète avoit roulé autour du soleil dans la direction de l'est à l'ouest, et une autre de l'ouest à l'est, les perturbations qu'elles eussent faites sur le mouvement l'une de l'autre, n'auroient point été nécessairement périodiques; leurs irrégularités auroient continuellement augmenté, et elles auroient dévié, avec les siècles, de leur condition originelle, au-delà des limites calculables.

L'autre circonstance sur laquelle repose la stabilité de notre système, est la petite excentricité des orbites planétaires, ou leur rapprochement des cercles. Si leurs orbites étoient très-excentriques, il y auroit moyen d'opérer un changement progressif, qui pourroit augmenter au point de tout détruire. Mais ni le mouvement des planètes dans la même direction, ni la petite excentricité de leurs orbites, ne peuvent être l'effet d'un

(*) Exposition du système du monde, par Delaplace, livre IV, chap. 6, pag. 199, deuxième édit.

(**) Delaplace, *Ibid.*

[redacted]

de l'économie de l'univers. Dans la chaîne des différentes espèces d'animaux et de végétaux qui sont sur la terre, nous ne distinguons ni le commencement ni la fin; et, pour le mouvement des planètes, où la géométrie a porté si loin, dans l'avenir et dans le passé, un œil observateur, nous ne pouvons découvrir la marque indicative où l'ordre actuel a commencé, et où il finira. Il n'est pas en effet

---

accident, puisqu'il n'est nullement probable que le hasard puisse effectuer l'un et l'autre dans autant de cas qu'il y a de planètes, soit primaires, soit secondaires. D'ailleurs, une nécessité dans la nature des choses qui auroit, ou déterminé *la direction* des mouvemens planétaires, ou proportionné leur *quantité* à la force centrale, n'est point admissible, puisqu'il faut concevoir toutes ces choses indépendantes l'une de l'autre. Il nous reste donc à considérer les lois par lesquelles les perturbations, dans notre système, se corrigent elles-mêmes, et lui donnent sa fermeté et sa permanence comme une preuve de la sagesse infinie qui a tout établi.

222. Le système géologique du docteur Hutton ressemble, sous beaucoup de rapports, à celui qui paroît présider aux mouvemens célestes. Dans l'un et l'autre nous voyons une vicissitude et un changement continuels, mais renfermés dans de certaines limites, et ne s'écartant jamais bien loin d'une condition moyenne, qui est telle qu'avec le temps, les déviations sur un de ses côtés doivent être parfaitement égales aux déviations faites sur l'autre côté. Dans les deux systèmes, tout est prévu pour la durée et l'étendue illimitée, et le temps n'a point d'effets pour user ou détruire une machine construite avec tant de sagesse. Par-tout où les mouvemens sont si parfaits, leur commencement et leur fin doivent être également invisibles.

raisonnable de supposer que de pareilles indications existent. L'Auteur de la nature n'a pas donné au Monde de lois semblables aux institutions humaines, qui portent en elles-mêmes le germe de leur destruction. Ses ouvrages ne montrent aucuns caractères d'enfance ni de caducité, ni aucun signe qui puisse nous en faire deviner la durée à venir ou passée. Comme il a donné un commencement au système actuel, il peut sans doute lui donner une fin dans une période déterminée; mais nous pouvons conclure, avec certitude, que cette grande *catastrophe* ne s'effectuera par aucune des lois qui existent maintenant, et que rien de ce que nous apercevons ne nous la rend présumable.

119. C'est donc une chose toute différente de dire que, dans l'arrangement du monde, nous ne voyons aucune marque de commencement ni de fin, ou bien d'affirmer qu'il n'a point eu de commencement, et qu'il n'aura point de fin. La première conclusion est justifiée par le sens commun, et par la saine philosophie; tandis que la seconde est insoutenable, fondée sur la présomption, et combattue par l'expérience ou l'analogie. C'est donc avec justice que le docteur Hutton se plaint d'une critique peu franche, qui, en substituant l'une de ces deux assertions à l'autre, tâche d'accuser sa théorie d'athéisme et d'impiété. M. Kirwan, en avançant cette dure et injuste censure, n'a été guidé ni par

[redacted]

l'esprit, ni par les maximes de la vraie philosophie. Par l'esprit philosophique, il eût été amené à réfléchir, que les armes empoisonnées dont il veut se servir, ne sont jamais admises dans les discussions scientifiques, comme ayant moins de tendance à renverser ce système, qu'à offenser la personne de son adversaire, déchirer son âme peut-être pour la vie, et détruire sa réputation ou sa tranquillité. Par les maximes philosophiques, il se seroit rappelé que, dans aucune partie de l'histoire naturelle, il n'a été découvert aucune marque de commencement ni de fin pour *l'ordre* actuel des choses; et que le géologue se trompe extrêmement sur l'objet de sa science et sur les bornes de sa conception, quand il croit devoir expliquer les moyens qui sont employés par *la Sagesse infinie* pour établir les lois qui gouvernent maintenant l'Univers.

Par ces réflexions, M. Kirwan se seroit abstenu d'un procédé très-peu délicat; et, quoique d'un avis différent sur *la vérité* des opinions du docteur Hutton, il n'auroit pas censuré leur *tendance* avec une sévérité aussi amère, et que rien ne peut justifier (*a*).

Mais, si on peut blâmer cet auteur d'avoir manqué de modération, ou d'avoir négligé les règles admises dans les recherches philosophiques, il n'est pas moins coupable pour avoir considéré si légèrement le but et l'esprit d'un ouvrage qu'il condamne avec trop de

de liberté. Dans cet ouvrage, au lieu de trouver un monde représenté comme le résultat de la nécessité ou du hasard, qu'on pourroit attendre, si les accusations d'athéisme et d'impiété étoient bien fondées, nous voyons par-tout l'attention la plus scrupuleuse à découvrir, et la plus parfaite disposition à admirer les témoignages de sagesse et les intentions bienfaisantes répandues dans toute la structure ou l'économie de l'univers. Le docteur Hutton lui-même a regardé, comme le résultat le plus satisfaisant de son système géologique, le tableau agrandi de ce bel ordre. C'est la partie qu'il a contemplée avec le plus de délices, et il eût été moins flatté d'entendre parler de l'ingénieuse originalité de sa théorie, que de l'accroissement qu'elle a donné à nos connoissances *sur les causes finales.* Il étoit donc naturel qu'il fût choqué de se voir accusé d'opinions si différentes de celles qu'il a toujours manifestées; et, s'il a répondu aux attaques de Kirwan avec chaleur et dureté, il ne faut l'attribuer qu'à l'indignation excitée par un reproche injuste.

120. Mais pour retourner à l'histoire naturelle de la terre, quoiqu'elle ne contienne point de *date* qui fixe le commencement de l'ordre actuel, il en existe pourtant beaucoup qui le font remonter jusqu'à l'antiquité la plus reculée. Les lits de schiste primitif, par exemple, renferment du sable, du gravier,

et d'autres matières qui sont le produit, comme nous l'avons déjà démontré, de la dissolution des corps minéraux, lesquels corps ont dû exister long-temps avant les parties les plus anciennes de la présente terre. De plus, nous trouvons quelquefois dans ce gravier des morceaux de pierre de sable et d'autres roches composées qui nous reculent encore plus en arrière, et nous présentent un système de choses qui prouve que celui-ci doit être le troisième en succession; et ce système peut être considéré comme étant de la plus ancienne époque dont le règne fossile puisse donner quelques souvenirs.

121. Dans l'ordre du temps, après celui de la consolidation des strata primaires, nous devons placer celui de leur élévation, lorsque, de leur position horizontale dans le fond de la mer, ils ont été brisés, mis sur le côté, et portés jusqu'à la surface. Il est même probable, comme je l'ai déjà observé, qu'à cette dépression des strata a succédé une seconde élévation; de manière à les placer deux fois dans les régions supérieures, et deux fois dans les inférieures. Pendant cette seconde immersion, se sont formées d'abord ces grandes masses de *puddingstone*, qui dans tant de circonstances sont couchées sur les strata; et ensuite sont venus les lits que nous nommons strictement secondaires.

122. Le troisième grand événement a été l'élévation (xxie note) de ce corps composé d'anciens et de nouveaux strata, pris du

---

(xxie note.) *Changement dans le niveau apparent de la mer.* 223. En parlant des époques naturelles indiquées par les phénomènes du règne minéral, nous avons supposé plus de simplicité et de distinction dans les effets qu'il n'en existe réellement dans la nature. En nous occupant de la ruine et de la dégradation qu'a subies la terre, nous avons fait abstraction de l'élévation qui a pu avoir lieu dans le même temps. Il a paru nécessaire d'agir ainsi, pour simplifier, autant que possible, l'aspect de tout l'ensemble ; mais il n'y a point de doute que, pendant que la terre a éprouvé à sa surface sa dégradation insensible, elle n'ait été élevée par les forces expansives agissant par dessous. On peut croire même que l'élévation n'a pas été uniforme, mais qu'elle a été soumise à une espèce d'oscillation, assez considérable pour avoir fait monter et descendre les continens, ou pour avoir alternativement élevé et rabaissé leur niveau, indépendamment de ce qui se passoit à la surface ; et cela, dans une période de peu d'étendue, comparativement aux effets.

On comprendra facilement que les faits que nous cherchons à établir, pris chacun séparément, ne prouvent rien de plus qu'un changement de la ligne par laquelle la surface de la mer coupe la surface de la terre, sans savoir à laquelle des deux il faut attribuer ce changement. En combinant ces faits, cependant, ils peuvent servir à déterminer ce que chacun d'eux, pris séparément, ne peut prouver. Je m'occuperai donc d'abord de quelques observations relatives au changement en question, et je les comparerai pour découvrir, s'il est possible, si ce changement est dû au mouvement de la terre, ou à celui de la mer.

224. Si nous commençons par examiner les côtes de notre île, nous voyons clairement par-tout que la mer

sein des eaux pour en former la terre sèche,

---

a été autrefois plus élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui. On voit, au-delà des bornes des marées actuelles, des marques d'un ancien rivage; on trouve des lits de coquilles marines non minéralisées dans le sol et la terre légère, et quelquefois à la hauteur de trente pieds au-dessus du niveau actuel de la mer. On a souvent parlé de ces couches si connues sur les rivages du golfe de Forth. En effet, sur les bords de ce golfe, il existe des indications qui sembleroient porter la différence, entre le niveau ancien de la mer et celui d'aujourd'hui, à plus de quarante pieds. Le terrain du jardin botanique d'Edimbourg, après une légère épaisseur de terre végétale, n'offre plus qu'un sable de mer très-régulièrement stratifié, alternant avec des couches lamelleuses de matières carbonées. Je pense que les coquillages sont rares dans cet endroit, qui d'ailleurs a toutes les autres apparences d'un rivage. L'élévation de ce lieu au-dessus de la mer est au moins de quarante pieds.

225. Sur la plupart des côtes où les roches ne s'élèvent point immédiatement de l'eau, on peut observer des marques semblables de l'abaissement de la mer, ou de l'élévation de la terre. Sur les rivages opposés aux nôtres, on voit les mêmes apparences. L'auteur de la lettre critique à M. de Buffon, dit qu'il a trouvé à Dunkerque le fond d'un bassin qu'il croit avoir été creusé il y a environ neuf cent cinquante ans, dix pieds et demi au-dessus de la marque de la plus basse marée, quoiqu'il ait dû être originellement au dessous. Le fond de ce bassin est dans la craie native. De là, le même auteur conclut que la mer, à Dunkerque, a baissé son niveau à peu près d'un pouce dans sept ans. Cette observation a été faite en 1762. (Lettre à M. le comte de Buffon, etc., pag. 55) (*).

226. On a souvent cité, comme preuve de change-

(*) Dans le comté de Suffolck, près Wood-Bridge, à la distance de sept ou

ou les continens, comme ils existent main-

---

mens de cette espèce, les rivages des Pays-Bas et de la Hollande : on a supposé qu'indépendamment de ces barrières artificielles qui empêchent les eaux de l'Océan de submerger une grande partie de ce pays, la nature elle-même en avoit placé d'autres plus près de la surface de la terre. En effet, il est certain que ces contrées, ou presque toutes ont été sous la mer à une période peu éloignée en comparaison des grandes révolutions du globe, ou qu'elles ont été composées entièrement d'alluvions, et de la même espèce que les delta formés à l'embouchure des rivières. Les changemens relatifs cependant, de la mer et de la terre sur ces rivages, ont été différemment représentés, et c'est pour cela que je n'ai point le dessein de former contre eux aucune observation.

227. Si nous avançons plus loin vers le Nord, par exemple vers les bords de la Baltique, nous avons l'évidence d'un changement de niveau dans la même direction que sur nos rivages. On a remarqué que le niveau de cette mer avoit un abaissement de quarante pouces dans un siècle. Celsius a observé que quelques roches qui sont maintenant au dessus de l'eau, étoient au dessous il n'y a pas long-temps, et inquiétoient les navigateurs; il a sur-tout pris note d'une roche qui, en 1680, étoit à la surface de l'eau, et qui, en 1731, étoit au dessus à la hauteur de vingt pouces et demi suédois. D'après une inscription gravée, il y a environ cinq cents ans, près d'Aspô, dans le lac Melar, qui communique avec la Baltique, le niveau de la mer paroît avoir baissé, pendant ce laps de temps, d'environ treize pieds sué-

huit milles de la mer, il y a des cavernes où se trouve une quantité prodigieuse de coquilles, dont quelques-unes sont bien conservées, et très-dures (Zoologie arctique de Pennant, introd. pag. 6.). Le Lincolnshire offre des exemples de la même espèce; mais d'autres circonstances dans l'apparence de cette côte méritent de l'attention, et indiquent des changemens d'une nature plus compliquée.

tenant. C'est dans ce temps que nous devons

---

dois (*). Tous ces faits, et une foule d'autres qu'il est inutile de rapporter, sont des preuves certaines de la dépression graduelle, non seulement de la Baltique, mais de tout l'Océan septentrional.

228. En supposant ces changemens de niveau entre la mer et la terre démontrés, la première hypothèse qui se présente, c'est que le mouvement a eu lieu plutôt dans la mer que dans la terre, et que le niveau de la première est descendu plus bas. L'imagination naturellement croit plus facilement qu'un fluide, mobile comme la mer, qui change son niveau deux fois par jour, a subi une dépression permanente à sa surface, que la terre, *terra firma*, n'a acquis une altération égale. Dans tout ceci, nous sommes plus guidés par l'imagination que par la raison; car, pour abaisser ou élever le niveau absolu de la mer, d'une quantité donnée dans quelque lieu que ce soit, nous devons le baisser ou l'élever dans la même quantité sur tous les points de la terre; tandis que la même opération n'est point nécessaire dans l'élévation ou la dépression de la terre. Pour abaisser la mer de trente pieds autour des côtes de la Grande-Bretagne, il est indispensable de déplacer un volume d'eau de trente pieds d'épaisseur de dessus la surface de tout l'Océan. La quantité de matières à mouvoir par ce moyen, est incomparablement plus grande que si nous ne faisions élever que la terre; car, quoique la pesanteur spécifique soit presque trois fois moindre, le volume est aussi grand, en proportion, que la surface de l'Océan l'emporte sur celle de notre île.

229. Outre cela, la mer ne peut pas changer son niveau sans un changement proportionnel dans le fonds solide sur lequel elle repose. Quoiqu'on ait raison de supposer que ces changemens du fond aient lieu, ils sont probablement plus lents et plus imperceptibles que ceux

(*) Œuvres de Frisius, tom. III, pag. 274.

supposer l'injection de la matière fondue à travers les strata, et en conséquence la forma-

---

dont nous nous occupons. Il est donc évident que l'hypothèse la plus simple pour expliquer ces changemens, est qu'ils sont produits par un mouvement de la terre en haut ou en bas, et nullement par le mouvement de la mer. Comme il ne peut y avoir sur la mer d'élévation et de dépression que sur la totalité, son niveau n'est point susceptible d'impressions locales, et il est probablement ce qu'il y a de moins sujet aux variations sur la surface du globe.

230. D'autres observations faites sur d'autres rivages confirment cette conclusion, et prouvent que le mouvement ou le changement en question ne vient pas de la mer.

Ces observations démontrent que le niveau de la mer du Nord est maintenant plus bas qu'il n'a été; mais il paroît que c'est le contraire pour la mer Méditerranée. Des remarques exactes, faites par Manfredi, démontrent évidemment que la superficie de l'Adriatique a été plus élevée vers le milieu du dernier siècle que vers le commencement de l'ère chrétienne.

Dans l'année 1731, on faisoit quelques réparations à la cathédrale de Ravenne, et on a pu observer que l'ancien pavé, et probablement le premier, étoit quatre pieds et demi au dessous du pavé actuel, et près d'un pied au dessous du niveau de la haute mer (*). Lorsque l'on a bâti l'église, le pavé n'a pu être dans cette position, relativement au niveau de la mer, car il eût été sous l'eau deux fois dans vingt-quatre heures, d'autant plus sûrement qu'à cette époque (au commencement du cinquième siècle), les murs de Ravenne étoient baignés par la mer. Le niveau actuel prouve que ce pavé est au dessous de la haute mer de la hauteur indiquée. Les

(**) *Commentarii academiæ Bononiensis*, tom. II, pars I, p. 237, etc. et pars II, pag. I, etc.

tion des roches cristallisées et non stratifiées,

---

observations de Zendrini confirment ce résultat par des faits semblables.

231. Manfredi lui-même attribue tous ces effets à l'élévation de la surface de la mer, et est entré dans un long calcul, pour fixer l'estimation de cette élévation produite par les terres et le sable charriés par les rivières, et répandus sur tout le fond de la mer. Mais comme cette élévation n'est point un fait général, et que le contraire arrive dans les mers du Nord, cette hypothèse ne peut expliquer l'élévation apparente du niveau de l'Adriatique.

Quoiqu'un dépôt local, ou un affaissement de terrain ne puisse expliquer ce changement qu'avec peine, le pavé ayant conservé son niveau parfait, et les murs de la cathédrale n'offrant aucune fente, cependant un abaissement d'une aussi grande étendue qne celle de toute l'Italie, si la masse remuée a conservé son parallélisme, et n'a changé de place que lentement, s'accorde très-bien avec les apparences. Il faut remarquer avec beaucoup d'attention qu'aux environs de Ravenne, la terre, en baissant son niveau, a étendu sa surface, et a empiété sur la mer. Depuis le temps d'Auguste, la côte s'est avancée dans la mer d'environ de trois milles (*). Cet effet est dû sans doute à la dégradation de la terre par les rivières; et nous avons ici l'évidence palpable des forces qui, agissant dessus et dessous la surface, produisent leurs effe s dans le même temps, de manière que, pendant que la surface s'élève par le dépôt des rivières, chaque point est comprimé, et descend à un niveau plus bas (**).

232. On a observé des faits semblables sur la côte méridionale de l'Italie. Breislak, dans sa *Topographia*

(*) Manfredi, *Ibid.*

(**) Sur la côte de Dalmatie, on a remarqué l'élévation du niveau de la mer, particulièrement dans les ruines du palais de Dioclétien à Spalatro.

comme le granite, les veines métalliques,

---

fisica della Campania di Roma (*), d'après certaines apparences remarquées dans les golfes de Baye et de Naples, conclut qu'au commencement de l'ère chrétienne, le niveau, dans cette partie de la côte, étoit plus bas qu'à présent. Les faits qu'il cite sont les suivans : 1°. les restes d'une ancienne route sont maintenant dans le golfe de Baye, à une distance considérable de la terre; 2°. quelques anciens bâtimens appartenans à Porto-Julio sont aujourd'hui recouverts par l'eau; 3°. dix colonnes de granite, qui paroissent avoir fait partie du Temple des Nymphes, sont aussi presque submergées; 4°. le pavé du Temple de Sérapis est à présent un peu plus bas que la marque de la haute mer; et on ne peut pas supposer qu'on ait bâti cet édifice avec l'inconvénient de voir souvent son pavé inondé par la mer; 5°. les ruines d'un palais construit par Tibère, dans l'Isle de Caprée, sont sous l'eau.

Ainsi, il paroît que le niveau de la mer est plus abaissé dans les latitudes septentrionales, et relevé dans la Méditerranée; et il est évident que le mouvement seul de la mer ne peut produire cet effet. Les parties de l'Océan se communiquent toutes; un de ses points ne peut pas s'élever tandis qu'un autre s'abaisse; mais, pour conserver son niveau, il faut que toute sa surface s'élève et s'abaisse également. Si cependant nous nous en rapportons aux observations précédentes: et, soit par leur propre nature ou par la réputation de ceux qui les ont faites, elles ne sont pas susceptibles d'objections : nous devons regarder, comme démontré, que le changement relatif du niveau est venu de l'élévation et de la dépression de la terre. Ceci s'accorde bien avec la théorie précédente, qui veut que nos continens soient sujets à l'action des forces expansives dans les régions minérales; que par ces forces ils ont été élevés, et sont soutenus par elles dans leur situation actuelle.

233. D'après d'autres faits rapportés par le même

(*) Chap. 6, pag. 300.

celles de porphyre et de *whinstone*. Il faut considérer cependant cette opération comme

---

auteur, il paroît que, sur la côte d'Italie, le progrès de l'élévation de la mer et de la dépression de la terre n'a pas été uniforme pendant la période citée, mais qu'il y a eu différentes oscillations; de sorte que, depuis le commencement de l'ère chrétienne jusqu'au moyen âge, la mer s'est élevée seize pieds plus haut qu'elle ne l'est à présent: de ce point elle est descendue plus bas qu'elle n'est aujourd'hui; et maintenant elle se relève encore. Breislak conclut ainsi, d'après les deux faits suivans, ingénieusement combinés avec les précédens, savoir: les restes de quelques anciens monumens, au pied de Monte-Nuovo, cinq ou six pieds au-dessus du niveau actuel de la mer, dans lesquels on trouve les coquilles de ces petits animaux marins qui rongent la pierre; et de plus, les colonnes de marbre du Temple de Sérapis, qui sont aussi perforées par les pholades, à la hauteur de seize pieds au-dessus de la terre. Breislak attribue tous ces changemens au seul mouvement de la mer; supposition qu'on ne peut admettre, comme nous avons vu, puisque rien ne peut influer constamment sur un point du niveau de la mer, que toute la surface ne s'en ressente.

234. On rencontre sur quelques autres côtes les apparences qui indiquent de pareils changemens dans le niveau de la mer. En Angleterre, sur les côtes du Lincolnshire, on a observé les restes d'une ancienne forêt, qui sont maintement entièrement recouverts par les eaux (*). Le stratum soumarin qui contient ces restes, peut être suivi dans le pays à une grande distance, et passe à travers tous les marais de ce comté. Le stratum lui-même a environ quatre pieds d'épaisseur; dans quelques endroits, il s'est recouvert d'un lit d'argile de seize pieds, et il repose sur une couche de vase épaisse de plus

(*) Transac. philos., 1799, pag. 145.

ayant employé une période d'une plus grande durée, et ne jamais oublier que les veines

---

de vingt pieds, qui ressemble au curage d'un fossé composé de fange et de coquilles.

Nous avons donc ici un stratum qui doit avoir été autrefois au-dessus de la terre sèche, quoiqu'une de ses parties soit maintenant plongée dans l'eau, et une autre recouverte de terre à la profondeur de seize pieds. Un changement de niveau dans la mer ne peut expliquer ces apparences : on ne peut en rendre raison qu'en supposant l'affaissement de tout ce terrain : c'est l'hypothèse adoptée par M. Corria de Serra, auteur de la description dans les Transactions. L'affaissement cependant n'est pas considéré comme l'effet pur et simple de quelques strata qui se sont enfoncés, mais comme une partie du système géologique fondé sur la dépression et l'élévation alternatives de la surface, qui probablement affectent tout le règne minéral. Pour concilier tous les faits différens, je serois tenté de croire que la forêt qui a été recouverte dans le Lincolnshire, a été submergée par l'affaissement de la terre à une grande profondeur, et dans un temps très-reculé; qu'au moment de son immersion, elle a été recouverte par un lit d'argile, dépôt fait par la mer en lavant les terres qui arrivent des continens, qu'elle est sortie de cette grande profondeur, et qu'une de ses parties est devenue terre sèche; mais que maintenant, s'enfonçant de nouveau, si on doit en croire la tradition du pays, la partie qui est sous l'eau, y est plus profondément aujourd'hui que plusieurs années auparavant. Ceci peut aussi servir à concilier, en quelque sorte, les phénomènes de cette forêt soumarine, avec les apparences qui indiquent, sur les côtes du Lincolnshire, l'empiètement de la terre sur la mer. A la vérité, l'extension de la terre n'est pas une preuve directe, ou de l'élévation, ou de l'abaissement de la mer, comme nous pouvons le conclure d'après l'exemple de Ravenne que nous avons cité.

235. D'après les faits, nous avons conclu que le

montrent des signes d'une formation très-différente. Ainsi, lorsque nous parlons en gé-

---

niveau de la mer s'élève dans la Méditerranée, et qu'il s'abaisse dans les latitudes septentrionales : de là on a soupçonné que le niveau de la mer avoit une tendance à s'élever vers l'équateur, et à s'abaisser vers les pôles. C'est, comme nous l'avons remarqué, l'opinion de Frisius, qui tend à prouver que l'élévation de la mer vient d'une légère accélération dans le mouvement diurne de la terre. Mais il existe des faits qui montrent qu'entre les Tropiques le niveau relatif de la mer et de la terre a baissé, et qu'il est plus bas à présent qu'il n'a été à une période précédente et peu ancienne. Cependant l'opinion de Frisius est contraire à l'observation, et nous avons déjà montré qu'elle ne peut se justifier par la théorie.

Entre les Tropiques, les îles sont formées par la simple accumulation du corail ; et une particularité de ces contrées, c'est que les roches n'ont point éprouvé le procédé ordinaire de la consolidation minérale (*). Néanmoins les ilots, qui sont ainsi formés, doivent avoir pour base une roche solide, quoique peut-être à une grande profondeur ; et il n'est pas probable qu'après s'être élevés une fois au dessus de la mer, ils puissent s'élever encore, excepté par l'élévation de la roche qui leur sert de fondement (**). Maintenant, l'île de Palmerston, qui contient neuf ou dix ilots, et qu'on peut regarder comme la crête d'un grand récif de corail, a été observée par le capitaine Cook. « Bien au-delà, » dit-il, de la ligne de la mer, même dans les plus » violentes tempêtes, j'ai vu des rochers de corail éle-

(*) Le docteur Forster, dans son Voyage autour du Monde (vol. II, p. 146), cite pour exemple une des îles de la mer du Sud, où la surface, quoiqu'entièrement composée d'une roche de corail, est élevée de 40 pieds au-dessus du niveau de la mer.

(**) On trouve, dans les Transac. philos., vol. 57, p. 394, une description curieuse de ces îles, donnée par A. Dalrymple.

néral, il est peut-être impossible de rien dire de plus précis sur l'ancienneté de ces veines,

---

» vés qui, d'après l'examen, paroissoient avoir été per- » forés de la même manière que ceux qui composent » à présent l'arête extérieure du récif; ce qui montre » évidemment que la mer a été plus haute autrefois; » quelques-uns de ces rochers troués étoient presqu'au » centre de l'île (*). »

Le même navigateur, dans son rapport sur la péninsule du cap de Denbig, dit: « Il m'a paru que dans » les temps anciens cette péninsule a dû être une île, » car l'isthme portoit des marques du mouvement des » eaux de la mer. »

236. Nous sommes arrivés à un de ces objets, où se fait sentir le manque d'observations anciennes et exactes: et, si nous avons besoin sur lui de quelque certitude, ce n'est point dans l'enfance de la science, mais dans sa maturité, que nous devons le chercher. Ce que nous avons de plus sûr à présent, sont des notions anticipées que les âges futurs modifieront et corrigeront. En attendant, ce qu'il y a de mieux à faire pour les progrès de la science géologique, c'est de fixer avec exactitude le niveau relatif de la mer, et de le marquer sur quelques points de la terre assez distinctement pour aider les recherches des siècles à venir. Ceci n'est pas aussi aisé qu'on le croit d'abord. Là où tous les objets changent, il est difficile de trouver une mesure de changement, ou un point fixe comme principe de calcul. Les astronomes sentent déjà cet inconvénient; et, lorsqu'ils cherchent à baser leurs observations sur un plan immuable, qui conserve une seule et même position pour tous les âges, ils rencontrent des difficultés que les connoissances mathématiques les plus profondes peuvent seules écarter.

Dans la géologie, nous ne pouvons pas nous servir

(*) Troisième Voyage de Cook, vol. 1, pag. 221.

sinon qu'elles sont postérieures aux strata, et que les veines de *whinstone* semblent être les plus récentes, puisqu'elles traversent toutes les autres.

123. Eu égard au temps (XXIIe note), nous devons classer, dans le quatrième rang,

---

du même moyen pour surmonter les difficultés ; et nous n'avons d'autre ressource que de multiplier les observations sur la différence du niveau, de les faire avec tout le soin possible, et de choisir des points de comparaison qui puissent se distinguer bien long-temps. Les progrès des mesures barométriques qui fixent les hauteurs si facilement et d'une manière si précise, donneront une accumulation de faits qui un jour seront d'une valeur inappréciable pour le géologue.

(XXII[e] note.) *Os fossiles.* 237. Les restes de corps organisés, renfermés à présent dans les parties solides du globe, peuvent être divisés en trois classes. La première classe se compose de coquilles, de coraux, et même de corps de poissons et d'animaux amphibies qui, aujourd'hui métamorphosés en pierres, sont des parties intégrantes de la roche solide. Tous ces restes sont des parties d'animaux qui ont existé *avant la formation de la terre*, ou même des roches dont elle est composée. Nous avons déjà agité cette question, et l'évidence qui en est résultée, est de la plus haute importance pour la théorie de la terre. La seconde classe se forme des restes qui, par le secours des concrétions *stalactiticales*, sont convertis en pierres. Tels sont les débris d'animaux qui sans doute ont été les plus anciens habitans de notre continent, et dont il ne reste aucun monument. En comparaison des restes de la première classe, ceux-ci doivent être considérés comme d'une origine très-moderne.

La troisième classe se compose des os d'animaux trou-

es faits qui concernent le *detritus* et la
uine de la terre, et lès bien distinguer d'avec

---

rés dans la terre légère ; ils n'ont point acquis le caractère pierreux, et leur nature paroît avoir peu changé, excepté par la décomposition et leur impression faite dans la terre. Il est impossible de tracer une ligne entre l'ancienneté de cette classe et celle de la précédente, comme on a pu le faire entre l'ancienneté de la seconde et la première classe. Dans quelques circonstances, les objets de cette troisième ont pu être contemporains de ceux de la seconde; en général, on peut les regarder comme d'une origine récente, parce que, pendant un très-long espace de temps, ils n'auroient pu garder une aussi belle conservation.

238. On trouve généralement, dans le voisinage des strata de pierres calcaires, les résidus animaux de la seconde classe, et ils sont, ou enveloppés, ou pénétrés par une matière calcaire, ou quelquefois ferrugineuse. Tels sont les os renfermés dans le roc de Gibraltar, et ceux de la côte de Dalmatie. Les derniers sont sur-tout remarquables par leur grand nombre et l'étendue du pays qu'ils recouvrent. On ne sait si c'est le travail de la succession des siècles, ou si une catastrophe soudaine a rassemblé et détruit sur un même point, une multitude immense d'habitans du globe. On trouve de ces restes en grande abondance dans les Iles de Cherso et d'Osero, et toujours dans ce que l'abbé Fortis appelle, *la terre ocréo-stalactiticale*. Les os sont souvent en éclats, cimentés avec des fragmens de marbre et de chaux dans les fentes et les ouvertures des strata (*). Quelquefois on rencontre des os humains réunis en masses confuses.

239. On dit qu'il existe, dans les cavernes de Bayreuth en Franconie, une collection d'os très-remarquables. D'après la structure des dents, on conclut avec certi-

(*) Voyage dans la Dalmatie, pag. 449.

des phénomènes les plus anciens du règne minéral. Ici nous avons à reconnoître la coupe

---

tude que plusieurs d'entre eux ont appartenu à des animaux carnivores d'une taille énorme, et qui ont peu d'analogie avec les animaux que nous connoissons. On trouve ces os dans des états différens; quelques-uns sont sans concrétions *stalactiticales*, et ont conservé la terre calcaire unie à l'acide phosphorique, de sorte qu'ils dépendent plus de la troisième que de la seconde des divisions précédentes. Dans d'autres, l'acide phosphorique a fait place à l'acide carbonique.

Le nombre de ces os réunis dans le même lieu, excite l'étonnement, lorsque l'on considère que les animaux dont ils proviennent étoient carnivores, et que dans le même temps la caverne n'a pu en contenir plus de deux vivans à la fois. Les cavernes de Bayreuth semblent avoir été l'abîme et le tombeau de tout une dynastie de monstres inconnus sortis de ce point central pour dévorer les plus foibles habitans des bois, pendant une longue succession d'années, avant que l'homme ait réduit la terre sous sa domination, et y ait aboli tout autre empire que le sien.

240. Les os fossiles de la seconde et de la troisième classe, mais particulièrement de cette dernière, ont fourni matière à conjectures et à discussions il y a plus de cent ans. Les faits qui les concernent sont nombreux et intéressans, mais ils ne peuvent être considérés ici que très-généralement.

Les restes de cette espèce sont les os d'animaux énormes généralement comparés avec ceux des éléphans, du rhinocéros, de l'hippopotame, et des autres animaux de grande taille. On a aussi trouvé les os d'animaux plus petits, mais dans un nombre beaucoup moindre. On remarque ordinairement que les os trouvés ainsi dans la terre, sont d'une plus grande dimension que ceux des analogues vivans.

Un autre fait, c'est qu'on trouve de ces débris dans

de

de toutes les inégalités actuelles de la surface; la formation des collines de gravier,

---

tous les pays, mais toujours dans une terre meuble, et jamais dans les vrais strata. Depuis l'année 1696, époque à laquelle l'attention des curieux s'est fixée sur cet objet à l'occasion du squelette d'un éléphant déterré dans la Thuringe, et décrit par Tentzélius (*), on trouveroit à peine une contrée en Europe qui n'offrît pas des exemples semblables. Des os fossiles, particulièrement des dents d'éléphans, ont été découverts dans d'autres endroits de l'Allemagne, en Pologne, en France, en Italie, en Irlande, et même en Islande (**). Il existe pourtant deux pays plus riches que les autres dans ce genre de productions, les plaines de Sibérie dans l'ancien Continent, et le plat pays des bords de l'Ohio dans le nouveau (***) (*a*).

241. Lorsqu'on découvrit des os en Sibérie, on soupçonna d'abord qu'ils appartenoient à un animal qui vivoit sous la terre, et que l'on appela *mammouth*; la croyance accordée à cette absurde fiction, est une preuve du désir ardent que les hommes ont de concilier les apparences extraordinaires avec la marche régulière de la nature. Il ne falloit pas cependant de grandes connoissances en histoire naturelle pour voir que la plupart des os en question ressembloient à ceux des éléphans, particulièrement aux dents mâchelières, et aux défenses de cet animal. D'autres ressemblent aux os du rhinocéros; et on a trouvé en Sibérie une tête de cette

(*a*) Voyez les savantes et curieuses observations faites en Amérique, par le célèbre Humboldt.

(*Note du Traducteur.*)

(*) Transac. philos., vol. XIX, pag. 757.

(**) Bartholinus a décrit, dans le vol. I, pag. 83, *actor. Hafniens.*, une mâchelière d'éléphant trouvée en Islande.

(***) Les os fossiles de l'Ohio sont décrits par M. P. Collinson, Transac. philos., vol. 57, pag. 464 et 468.

et de ce que l'on appelle strata tertiaires, composés de matières déliées et sans solidité;

---

espèce avec sa peau, que l'on conserve dans le cabinet impérial de Pétersbourg.

Pallas, directeur du Muséum de cette capitale, a décrit les os fossiles qu'il renferme, non seulement ceux qui, selon lui, appartiennent à l'éléphant et au rhinocéros, mais encore ceux qui viennent d'une espèce de buffalo, très-différent de ceux que nous connoissons, et d'une taille beaucoup plus grande (*). Dans un autre mémoire très-curieux, il a aussi donné la description des os de la même espèce qu'il a rencontrés dans ses voyages au nord de l'Italie.

242. Les os des bords de l'Ohio ressemblent beaucoup à ceux de Sibérie; on trouve les uns et les autres dans le sol ou la terre d'alluvions, et jamais dans les strata solides; ils n'ont éprouvé d'autre changement de leur état naturel, que d'être un peu calcinés à la surface; d'une taille gigantesque, très-nombreux, ils sont probablement les restes de plusieurs espèces différentes.

243. Il y a deux recherches sur ces os qui ont excité la curiosité des naturalistes; d'abord, découvrir à laquelle des tribus d'animaux vivans actuellement on pouvoit rapporter ces débris fossiles avec le plus de probabilité; et ensuite trouver pourquoi une si grande quantité d'os existe dans des pays où les animaux auxquels ils ont appartenu, sont à présent inconnus. La solution de la première question est plus de notre ressort que la seconde, et, à quelque prix que ce soit, il faut d'abord la chercher.

D'après l'autorité d'un naturaliste aussi célèbre que Pallas, on peut, en toute sûreté, regarder les os de la Sibérie comme venant de l'éléphant, du rhino-

(*) *Novi Comment. Petrop.*, tom. XIII (1768), pag. 436, et tom. XVII, pag. 576, etc.

les amas de coquilles non minéralisées, comme ceux de la Touraine ; et les pétrifications,

---

céros et du buffalo, ou peut-être de variétés d'animaux que nous ne connoissons pas aujourd'hui. Quant aux os de l'Amérique septentrionale, la question est plus douteuse, car ils ont cette circonstance particulière, que les os des cuisses, les défenses, etc., qu'on peut croire avoir appartenu à l'éléphant, sont accompagnés de mâchelières toujours d'une structure différente des mâchelières de cet animal (*). Quelques naturalistes, particulièrement D'Aubenton, rapportent ces mâchelières à l'hippopotame ; mais le docteur W. Hunter paroît avoir prouvé, d'une manière très-satisfaisante, qu'elles ne peuvent venir d'aucuns de ces animaux, mais d'un animal *carnivore* d'une énorme grandeur, dont la race, heureusement pour nous, est aujourd'hui entièrement éteinte (**) : l'opinion du docteur Hunter est fondée sur ce que, dans ces mâchelières, l'émail n'est qu'une couverture extérieure, tandis que, dans celles de l'éléphant et des autres animaux qui vivent de végétaux, l'émail est entremêlé avec la substance de la dent (***).

244. Quoique cet argument paroisse d'un grand poids, cependant Camper, célèbre dans l'anatomie comparée, et qui a examiné ce sujet avec une attention particulière, pensoit que ces mâchelières appartenoient à une espèce d'éléphant. Il communique cette opinion dans une lettre écrite à Pallas, qui avoit trouvé des mâchelières et d'autres os du même animal sur la pente occi-

(*) Voyez l'ouvrage de Collinson, déjà cité, Trans. phil., vol. 57.

(**) Trans. phil., vol. 58, pag. 3, etc.

(***) La mâchelière fossile de la collection de Jean Maggowan à Edimbourg répond parfaitement à la description de M. Collinson, et est bien représentée par la figure qu'il y a jointe. Cette mâchelière pèse quatre livres et un quart (à 16 onces la livre) ; la circonférence de la couronne est de 18 pouces ; l'enveloppe de l'émail est épaisse d'un quart de pouce ; il y a ici cinq doubles dents, dans l'échantillon de M. Collinson, il n'y en a que quatre.

comme celles de la roche de Gibraltar, de la côte de Dalmatie, et des grottes de Bayreuth.

---

dentale des montagnes d'Oural (*). Camper nie que cet animal soit carnivore, parce que les *incisores*, ou dents canines, manquent; et plus loin, d'après le poids de la tête, qu'il devine d'après celui des mâchelières, il conclut que le col a dû être court, et que l'animal a dû avoir les *proboscis*. Ensuite, il abandonne cette dernière hypothèse, et est d'avis que l'*incognitum* n'a été, ni un carnivore, ni une espèce d'éléphant (**).

245. Néanmoins Cuvier, dans un mémoire lu à l'Institut national de Paris, soutient que les os fossiles du nouveau Continent, ainsi que ceux de l'ancien, appartiennent à une certaine espèce d'éléphant, dont au moins deux, qui n'existent plus, nous sont connues par les restes conservés dans la terre. Il les distingue ainsi (***):

Elephas mammonteus maxillâ obtusiore, lamellis molarium tenuibus, rectis.

Elephas americanus, molaribus multicuspidibus, lamellis post detritionem quadri-lobatis.

La dernière espèce à laquelle paroît appartenir l'*animal incognitum*, a vécu non seulement en Amérique, mais dans beaucoup d'endroits de l'ancien Continent. De plus, de nouvelles recherches faites sur la structure des dents des animaux graminivores, et particulièrement de l'éléphant, prouvent qu'il n'est nullement probable que l'*incognitum* soit de ce genre(****) On a remarqué que les mâchelières de l'éléphant étoient composées de trois substances, l'émail, l'os, et ce que l'on appelle la *crusta petrosa*, appliquée par couches ou

(*) *Acta acad. Petrop.*, tom. I (1777), *pars posterior*, p. 213, etc. —

(**) *Ibid.* tom. II (1784), pag. 262.

(***) Mémoires de l'Institut National, Sciences phys., tom. II, p. 19, etc.

(****) Voyez les Observations de M. Home, sur les dents des animaux graminivores. Trans. phil. 1799; ainsi qu'un essai sur la structure des dents, par le docteur Blake.

Les os d'animaux terrestres, trouvés dans la terre comme ceux de Sibérie et de l'Amérique

---

plis contigus les uns aux autres; et, dans les mâchelières de l'inconnu de l'Ohio, il n'existe pas vestige de cette structure (*). En même temps, l'assertion du docteur Hunter, qui prétend que cet animal a été un carnivore, devient douteuse, non seulement par le manque de dents canines, mais encore par la ressemblance entre les mâchelières et celles du sanglier que M. Home a jugées être très-fortes (**). La mâchelière du sanglier est semblable à celle de l'éléphant dans l'étendue de la surface masticante, mais nullement dans la structure intérieure : il en est de même pour la dent de l'*animal incognitum* ; de sorte qu'il est bien probable que lui et le sanglier soient du même genre, et destinés tous deux à se nourrir tantôt de chair, et tantôt de végétaux.

246. Cuvier a décrit un autre *animal incognitum*, trouvé dans l'Amérique méridionale, qui paroit être d'un genre différent de l'*incognitum* du Nord. Ainsi, en réunissant les deux *incognita* de l'Amérique, l'*elephas mammonteus*, le buffalo inconnu de Pallas, et le grand animal de Bayreuth, nous avons au moins cinq genres distincts, ou espèces, dans le règne animal, qui ont existé autrefois sur notre continent, mais qu'on ne

(*) Dans un papier inséré dans le quatrième vol. des Transactions philosophiques d'Amérique, on voit une description de deux mâchelières différentes, trouvées à Salt-Licks, près de l'Ohio. L'une ressemble à la mâchelière de l'éléphant, et peut avoir appartenu à l'*elephas Americanus* de Cuvier; l'autre convient très-bien à l'*animal incognitum*, d'après la description de sa mâchelière par le docteur Hunter. L'auteur de cette note pense que l'*animal incognitum* n'a pas été un carnivore, puisqu'on n'a pas trouvé les *incisores*, ou dents canines. A la grande Bone-Lick, on a découvert des os d'animaux plus petits, et particuliérement de l'espèce du buffalo. La pénétration saline de la terre dans ces Licks a sans doute contribué à la conservation de ces os. (Trans. de la Société phil. Amér. vol. 4 (1799); p. 510, etc.)

(**) Observations sur les dents mâchelières du sanglier et de l'*animal incognitum*. Trans. phil. (1801), pag. 319.

du Nord, sont probablement plus récens que tous les faits qui précèdent.

---

retrouve plus aujourd'hui. Le nombre en est probablement plus considérable : Pallas fait mention de cornes fossiles d'une gazelle d'une espèce inconnue, et on trouve souvent des bois de cerfs qu'on ne peut rapporter à aucune espèce vivante. Ces races éteintes ont été remarquables par leur dimension, et quelques éléphans anciens paroissent avoir été trois fois plus gros que ceux que nous connoissons à présent (*).

Ainsi les habitans du globe, comme toutes ses autres parties, sont sujets au changement. Ce n'est pas seulement l'individu qui périt, mais toute l'espèce, et peut-être même les genres. Il n'est pas contre l'ordre naturel d'attribuer aux opérations de l'homme une partie de ce changement. L'étendue de son pouvoir a dû nécessairement détruire la balance qui avoit été établie entre les habitans de la terre et leurs moyens de subsistance. Quelques-uns des plus grands et des plus féroces animaux ont pu disputer avec lui pendant longtemps l'empire du globe; et il a fallu le bras d'Hercule pour soumettre les monstres cachés dans les cavernes de Bayreuth, ou ceux qui rôdoient sur les bords de l'Ohio. Mais enfin, ils ont été exterminés, ainsi que ceux du même caractère; les animaux d'une espèce plus douce ont fui loin de l'homme; et, forcés de se retirer dans les lieux les plus inaccessibles, où la nourriture étoit rare et leur migration arrêtée, ils ont dégénéré en taille et en force, et quelques espèces ont entièrement disparu.

Outre cela, un changement dans le règne animal semble faire partie de l'ordre naturel des choses, et est même sensible dans des circonstances placées au-dessus du pouvoir des hommes. Si nous considérons les plus anciens habitans du globe, dont les restes sont conservés dans les strata eux-mêmes, nous trouvons que les

(*) Camper. *Nov. act. Petrop.* tom. II (1784), pag. 257.

124. Ces phénomènes, donc, sont tous autant d'indications du temps écoulé, dans

---

coquilles et les coraux d'un monde plus ancien ressemblent très-peu à ce qui reste aujourd'hui. Les espèces, excepté dans quelques occasions, sont les mêmes, mais elles sont sujettes à de grandes variétés. Les impressions des végétaux sur l'ardoise et les autres pierres argileuses, sont à peine reconnoissables; les insectes mêmes, renfermés dans l'ambre, sont différens de ceux du pays où l'ambre se trouve.

247. En supposant donc que les changemens qui ont eu lieu dans les qualités et les habitudes des animaux, aient été dans la même proportion pour leur structure et leur forme extérieure, nous ne devons pas être surpris s'il paroît que quelques-uns ont vécu autrefois dans des contrées dont les races semblables sont aujourd'hui entièrement bannies. Le pouvoir de vivre dans des climats différens, d'endurer les plus grands degrés de chaud et de froid, de se substanter de nourritures différentes, s'accorde très-bien avec les autres changemens. Quoiqu'une espèce d'éléphant soit confinée maintenant dans les parties méridionales de l'Asie, une autre espèce a pu supposer les plus grandes rigueurs des climats septentrionaux; et on peut dire la même chose du buffalo et du rhinocéros. Dans tout ceci, il n'y a point d'impossibilité physique; et, quoique ce soit une solution probable de la difficulté qui existe sur l'origine de ces restes d'animaux, elle ne peut cependant se résoudre que par le concours des autres circonstances.

248. Si nous considérons attentivement les faits qui concernent les os fossiles de la Sibérie, il se présente des objections insurmontables à toute théorie qui les suppose exotiques, et apportés d'un pays très-éloigné dans leur situation actuelle.

L'étendue de pays où ces os sont dispersés est une circonstance vraiment étonnante. Pallas assure (*) qu'il

(*) *De reliquiis animalium exoticorum, per Asiam Borealem repertis Nov. comment. Petrop.*, tom. XVII (1772), pag. 576.

lesquelles les principes de géologie nous aident à distinguer un certain ordre, de ma-

---

n'y a point une rivière considérable dans le nord de l'Asie, depuis le Tanaïs, qui se jette dans la mer Noire, jusqu'à l'Anadyr, qui a son embouchure dans le golfe du Kamtschatka, dont les bords ou le fond ne renferment des os d'éléphans ou d'autres gros animaux. C'est sur-tout ordinaire aux rivières qui coulent dans les plaines sur le gravier, le sable, l'argile, etc.; rarement on fait de ces découvertes dans les montagnes. L'étendue de pays dont nous venons de parler, est plus de 4,000 milles, et il semble impossible de concevoir une si grande quantité d'os dispersés par-tout, si on ne suppose pas que les animaux aient vécu dans cette contrée. Il n'y a ni torrent, ni inondation, qui produisent cet effet, et rien n'a pu réunir tous ces os de manière à former des squelettes complets.

Un fait rapporté par le même auteur, semble calculé pour éloigner toute incertitude. C'est celui de la carcasse d'un rhinocéros presque entière, recouverte de la peau, et trouvée dans la terre sur les bords de la rivière Wilui, qui se jette dans le Léna au-dessous de Jacutſk (*). Lorsque Pallas la reçut, il y avoit encore des muscles et des tendons adhérens à la tête. Cette tête a été desséchée au four, et se trouve encore dans le musée de Pétersbourg. La conservation de la peau et des muscles de cette momie naturelle, comme Pallas l'appelle, vient sans doute de ce qu'elle a été enterrée dans un sol perpétuellement gelé; car ce lieu est dans le parallèle du 64° où le terrain ne dégèle jamais qu'à peu de profondeur au-dessous de la surface.

Mais nous ne pouvons expliquer comment une carcasse de rhinocéros se trouve enterrée sur les limites du cercle polaire. Attribuerons-nous ce phénomène à quelque torrent qui, en balayant les déserts de la Tar-

(*) Pallas, *ubi supra*, pag. 586, et Voyages de Pallas, tom. IV, p. 131.

nière à reconnoître la différence dans les époques, sans pouvoir fixer avec certitude

---

tarie et les montagnes de l'Altaï, a transporté les productions de l'Inde jusque dans les plaines de la Sibérie, et enterré dans la vase de la Léna les animaux qui se sont nourris sur les bords du Barampooter ou du Gange? La conservation de la peau et des muscles d'un animal mort, l'adhésion des parties qui auroient résisté à un voyage de plus de 2,000 milles, par dessus les montagnes les plus élevées et les plus escarpées du globe, sont des objections trop fortes contre une supposition qu'il seroit absurde d'admettre un seul moment; ou bien supposerons-nous que cette carcasse ait flotté, par une inondation de la mer, depuis quelques contrées du tropique qui, en disparoissant, a formé les îles nombreuses de l'Archipel Indien? La chaleur de ces climats, et la putréfaction qui s'y opère naturellement, indépendamment de tous les autres accidens, auroient bientôt dépouillé les os de leur couverture. En effet, cette *instantia singularis*, nom qu'on peut lui donner dans tous les sens, semble calculée exprès pour éloigner toute hypothèse, excepté la seule qui explique l'origine des os fossiles. Non seulement elle exclut les deux dont nous avons parlé, mais encore celle de Buffon, qui prétend que ces os sont des restes d'animaux qui vivoient en Sibérie lorsque ces régions arctiques jouissoient d'un climat doux, et d'une température semblable à celle des provinces méridionales de l'Asie. D'après la conservation de la chair et de la peau de ce rhinocéros, il est clair que, lorsque le corps fut enterré, le climat étoit le même qu'il est à présent, et le froid suffisant pour s'opposer à la putréfaction.

Pallas remarque le peu de rapport qui existe entre l'état de ce squelette et l'hypothèse de Buffon; mais il ne voit pas qu'il tombe dans la même erreur; car avant que la mer, par une inondation, ait pu si loin transporter ces os, les chairs et les muscles ont dû être anéantis

la proportion des intervalles immenses qui les sépare. Ces intervalles ne peuvent être mis en comparaison avec les mesures astro-

---

avant de parvenir des climats que le rhinocéros habite maintenant jusqu'au parallèle du 64°.

249. La présence des pétrifications marines dans les lieux où se trouvent les os fossiles, n'est point une preuve que ces derniers aient été apportés par la mer, quoique ce soit l'opinion de Pallas; et, d'après lui, celle de Kirwan. Ces corps marins sont des coquilles et des coraux qui ont fait partie des roches calcaires, et qui en ont été séparés par la marche ordinaire de la désintégration: maintenant ils se trouvent dans des lits de sable et de gravier, où sont enterrés les restes d'animaux. Ils n'ont rien de commun avec ces restes, ils sont d'une nature pierreuse, et appartiennent à une époque bien différente, et bien plus éloignée. Ces objets, trouvés dans les lieux où sont les os, prouvent seulement que les strata des terrains élevés, qui ont produit le gravier, sont calcaires; et rien n'indique plus sûrement la nécessité de distinguer la condition différente des os fossiles, unis par la seule circonstance de contiguïté, avant que nous puissions conclure qu'ils ont une origine commune. Si les résidus marins étoient dans la même condition que les os, s'ils n'étoient nullement minéralisés, alors on pourroit conclure, avec quelque probabilité, que les uns et les autres ont été apportés par la mer; mais sans cela, leur union actuelle doit être considérée comme accidentelle, et ne peut jeter aucun jour sur l'origine des uns, ni sur celle des autres.

Nous ne pouvons donc conclure qu'une seule chose, c'est que ces os ont appartenu à une espèce d'éléphant, de rhinocéros, etc., qui habitoient les contrées où on trouve aujourd'hui leurs restes, et qui pouvoient résister au sévère climat de la Sibérie. Le rhinocéros de la Wilui certainement vivoit sur les confins du cercle polaire, et a été exposé pendant sa vie au même froid,

nomiques du temps; on ne peut les expliquer par les révolutions du soleil ni de la lune; et il n'existe point de synchronisme entre

---

qui, mort, l'a conservé si bien, et pendant un temps aussi long.

Ces animaux peuvent aussi avoir vécu plus loin vers le sud, dans les vallées qui se trouvent entre les montagnes qui bordent la Sibérie de ce côté. Ces vallées contiennent rarement de ces os fossiles, probablement parce qu'ils ont été emportés par les eaux jusque dans les plaines. Nous devons aussi observer que ces animaux ont pu émigrer avec la marche des saisons, et par ce moyen échapper aux hivers des hautes latitudes. La puissance de l'homme, en mettant des obstacles invincibles à l'émigration des plus gros animaux, a dû changer beaucoup le genre de vie de toutes ces tribus, et rétrécir le cercle de leurs jouissances et de leur existence. Les monceaux d'os fossiles, qui paroissent s'être accumulés dans certains lieux, spécialement dans l'Amérique septentrionale, paroissent bien s'accorder avec l'émigration des animaux, et avec les accidens ordinaires à une multitude d'êtres réunis sur le même point.

Ce qui regarde la Sibérie et le nord de l'Amérique est applicable, *à fortiori*, à tous les autres lieux où les restes d'animaux se rencontrent dans les mêmes conditions. Nous voici retournés à un temps où plusieurs grandes espèces d'animaux, maintenant éteintes, habitoient la terre, et à un temps où des variétés de ces espèces, aujourd'hui confinées dans des régions particulières, pouvoient alors supporter la variété des climats. Cette période, quoique fort éloignée de la chronologie ordinaire, est postérieure à la grande révolution arrivée à la surface de la terre, et la dernière des époques géologiques (*a*).

(*a*) Je ne puis trop recommander au lecteur de joindre à cette

les époques les plus récentes du règne minéral, et les plus anciennes de notre chronologie ordinaire (*a*).

125. C'est sur ce point qu'est fondée une autre objection qu'on fait contre la théorie du docteur Hutton, savoir, que la haute antiquité qu'il attribue à la terre, ne s'accorde pas avec le système de chronologie fondé sur l'autorité des saintes Écritures. Cette objection seroit, sans doute, de quelque poids, si la haute antiquité en question n'étoit pas restreinte au seul globe de la terre, et s'étendoit aussi au genre humain. L'opinion qui ne fait pas remonter l'origine des hommes plus loin que 6 ou 7,000 ans, est tellement compliquée dans les récits des livres de Moïse, que tout ce qui n'est pas d'accord avec eux, ne devroit pas être regardé comme contraire au témoignage de ces anciens monumens. La géologie se tait sur cet objet; et l'histoire

note la lecture du dernier ouvrage du célèbre M. Cuvier, intitulé : *Recherches sur les ossemens fossiles des quadrupèdes. Discours préliminaire.*

(*Note du Traducteur.*)

(*a*) Cette réflexion est tellement vraie, que, depuis 22 siècles, à-peu-près, c'est-à-dire, depuis Théophraste, Aristote et Pline, la croûte connue du globe a peu ou point changé quant à son système. Ainsi si les grands hommes, qui nous ont frayé la route de l'histoire de la nature avoient eu les mêmes moyens que nous pour perfectionner leurs observations, ils auroient remarqué, comme nous, des nuances plus ou moins fraîches dans le travail du temps, sans pouvoir fixer la limite des époques différentes. Hé! qu'est-ce que 22 siècles dans la marche du temps.

(*Note du Traducteur.*)

des arts et des sciences, qui remonte aussi haut que peuvent aller des faits authentiques, rapporte les commencemens de la civilisation à une date très-proche de celle que nous venons de citer, et fort avant dans les limites de la plus récente des époques, indiquée par les révolutions physiques de notre globe.

D'un autre côté, ce qui concerne seulement l'ancienneté de la terre en elle-même semble peu important pour l'autorité des livres sacrés; il ne faut pas interpréter dans le sens littéral tout ce qu'ils disent sur *l'âge* de ce corps, pas plus que sur sa *figure* et son *mouvement.* La théorie du docteur Hutton est précisément la même que le système de Copernic; car il n'existe nulle raison de supposer que la révélation ait voulu nous donner des règles pour la géologie, ni pour la science de l'astronomie. On convient en général que les livres saints ne cherchent pas à résoudre des questions de physique, ni à expliquer des matières qui n'ont nulle analogie avec la moralité des actions humaines; et si, en conséquence de ce principe, nous n'usions pas du privilége de l'interprétation, il faudroit donc croire encore aujourd'hui que la terre est plate; que le soleil tourne autour de la terre; et que la circonférence d'un cercle n'est pas plus étendue que trois fois son diamètre.

Il est pourtant raisonnable d'accorder au géologue la même liberté dans ses recherches que celle dont jouissent les astronomes

et les mathématiciens ; et cela peut se faire en permettant de supposer que la chronologie de Moïse ne concerne que l'espèce humaine. Cette liberté n'est pas plus nécessaire au docteur Hutton qu'aux autres théoristes. Il n'y a point eu encore d'esprit capable d'accorder l'histoire naturelle du globe avec l'opinion de son origine récente ; et les cosmologies de Kirwan et de Deluc, quoique imaginées avec plus d'adresse minéralogique, ne sont pas moins forcées et imparfaites que celle de Burnet et de Whiston (*a*).

126. Il est impossible de se replier sur le

(*a*) Me bornant, dans tout cet ouvrage, au seul rôle de Traducteur, il ne m'appartient pas de donner mon opinion sur une question d'une aussi grande importance ; mais je vais exposer les réflexions que le sujet a fait naître aux rédacteurs du Moniteur et du Journal de l'empire, en rendant compte des *Recherches sur les ossemens fossiles des quadrupèdes, par M. G. Cuvier*.

« Quand on parcourt cette vallée fertile, qui forme aujourd'hui le bassin de la Seine; quand on contemple l'immense population qui la couvre, et dont l'industrie s'agite autour de la grande capitale, séjour du luxe, des sciences et des arts, on ne se doute guère que ces mêmes lieux ont été jadis le théâtre de bouleversemens épouvantables; que la mer a plusieurs fois recouverts et abandonnés; que chacune de ces révolutions a détruit les êtres vivans, et les a remplacés par d'autres ; qu'il y a eu un temps où ces plaines étoient habitées par des espèces d'animaux terrestres, toutes différentes de celles d'aujourd'hui, ou dont les analogues habitent maintenant les contrées les plus chaudes du globe; qu'ainsi le sol, le climat et les êtres vivans, tout a changé, à plusieurs reprises; que ces grandes révolutions paroissent de beaucoup antérieures à l'histoire de l'homme; qu'enfin, pour dernière merveille, nous marchons sur les débris de cet ancien monde, et que les squelettes des êtres animés, qui le peuploient alors, se retrouvent encore aujourd'hui à quelques toises de profondeur dans le terrain que nous foulons aux pieds. Si l'on vient ensuite à nous apprendre que l'on a découvert des

système que nous avons tâché d'expliquer, sans être frappé de la nouveauté et de la

---

dépôts semblables dans toutes les parties du globe où l'on a creusé la terre; que la race des éléphans, par exemple, paroît avoir été jadis presque aussi répandue que celle de l'homme; que le sol de l'Allemagne a nourri un grand nombre de ces animaux qui y vivoient avec des rhinocéros et des tapirs sous des forêts de palmiers; si l'on nous montre leurs ossemens accumulés jusque dans les climats maintenant glacés des pôles, en si grande quantité, que des îles entières en sont, pour ainsi dire, formées, et que la recherche de leurs dents est devenue l'objet d'un commerce considérable; si l'on ajoute enfin que l'on a trouvé depuis peu d'années, en Sibérie, le cadavre entier d'un de ces anciens animaux conservé dans les glaces, avec son poil, sa peau et sa chair même, dont les chiens ont mangé, on conviendra que ces faits sont de nature à exciter au plus haut point l'intérêt de tous les hommes éclairés. Ce sont là les monumens des premiers âges de la terre; eux seuls peuvent nous donner des lumières sur les époques reculées, inconnues à toutes les traditions. En observant les diverses formes sous lesquelles la vie s'est successivement développée, on voit quelles étoient alors dans les animaux les conditions d'existence; on en conclut jusqu'à un certain point l'état du sol et du climat qu'ils habitoient; et, ramenant ainsi la pensée à travers les siècles, on peut presque reconstruire cet ancien univers, où il n'est pas sûr que l'homme existoit. Ces grandes questions sont l'objet de l'ouvrage que M. Cuvier publie aujourd'hui. Ce n'est point ici le travail d'un jour, c'est le fruit de quinze années d'études, de soins assidus, de recherches constantes, suivies avec de grands moyens, de vastes connoissances, et une persévérance infatigable. Ceci dit assez combien l'ouvrage de M. Cuvier mérite de fixer l'attention publique, qu'il paroît avoir en effet excitée à un degré peu commun.

» Si nous voulions nous borner à satisfaire ici la curiosité, nous devrions dès à présent faire connoître les conséquences générales, auxquelles l'auteur a été conduit relativement à l'antiquité du globe, et montrer ce qu'elles ont de contraire ou de favorable à telle ou telle opinion. Rien ne seroit plus facile; mais nous croirions faire un grand tort à l'auteur et au public, si nous envisagions ces belles recherches d'une manière si superficielle et si légère. Nous leur ôterions leur caractère le plus précieux peut-être, ou du moins le plus nouveau dans ce genre d'études, je veux dire la méthode rigoureuse, et l'esprit d'exactitude qui les distinguent éminemment, et qui donnent aux conséquences de l'auteur une tout autre probabilité que n'en ont

beauté des vues qu'il étale à nos yeux. Son but et son véritable plan le distinguent de

---

jusqu'à présent pu et dû obtenir les spéculations systématiques de la plupart des géologues. Nous croyons donc, au contraire, devoir aborder tout autrement la question, et développer les fondemens solides des conséquences avant de passer aux conséquences elles-mêmes. D'ailleurs, ces fondemens portent sur des faits si curieux, si instructifs, les lois générales auxquelles ces faits conduisent, sont si belles et si peu connues, qu'une discussion approfondie de tant de choses nouvelles plaira sans doute à tous les lecteurs éclairés, etc. » Viennent ensuite le détail des *lois anatomiques*, *Moniteur* 1 *et* 2 *mars* 1813.

» Nous avons indiqué les principes qui ont guidé M. Cuvier dans ses recherches, et les résultats auxquels il est arrivé : nous avons vu ce savant ressusciter en quelque sorte les générations d'animaux éteintes dans les grandes catastrophes du globe, et ensevelies dans les entrailles de la terre qui les avoit nourries; mais nous avons remarqué combien ce nouveau genre de connoissances peut servir à rectifier les suppositions qu'on a formées sur l'état ou les états anciens de notre planète, suppositions dont l'ensemble est appelé *géologie*. Ce coup-d'œil général sur un ouvrage du premier ordre, a pu suffire à tous ceux qu'intéresse directement l'objet des recherches de M. Cuvier, à tous les amateurs des sciences naturelles, qui s'empresseront de juger par eux-mêmes un livre nécessaire à leurs bibliothèques. Il y a une classe bien plus nombreuse qui, dans les recherches scientifiques, ne s'attache pas tant au fond même qu'aux applications, et spécialement aux rapports que ces recherches ont avec les grandes questions de philosophie morale ou de philosophie historique, etc... M. Cuvier ne trouvera donc pas mal que beaucoup de personnes, en apprenant qu'il a jeté un nouveau jour sur l'histoire physique de la terre, se demandent aussitôt de quelle opinion il est à l'égard d'une grande question historique fréquemment agitée de nos jours : donne-t-il à la terre des millions d'années d'existence, comme le font la plupart des géologues? admet-il ce déluge qui, selon Moïse, a dû détruire le genre humain, à une seule famille près, il y a environ 5.000 ans?

» Avant de répondre à ces questions, il faut établir une distinction essentielle entre deux questions qu'on a souvent mal à propos confondues en une seule. L'existence de la terre est indépendante de celle du genre humain. Les six périodes de formation que Moïse distingue dans l'œuvre de la création, et qu'il désigne sous le terme de *jours*, terme très-vague dans le style prophétique des Hébreux, peuvent avoir embrassé autant de millions d'années que le désireroit l'imagination la plus hardie. Mais la

toutes

toutes les autres théories de la terre, et constituent un travail d'une invention grande

---

chronologie des livres saints, qui commence avec le premier homme, et qui devient sur-tout claire et positive après le déluge, n'accorde que six à sept mille ans d'existence au genre humain. Voilà le seul point vraiment litigieux entre les chrétiens et certains philosophes modernes, etc....

» La géologie, qui, aux yeux de ces philosophes, paroissoit la science par excellence, parce qu'elle appuyoit, à ce qu'ils disoient, leurs admirables systèmes, vient de leur causer un cruel embarras en démontrant, jusqu'à l'évidence, que le genre humain actuel ne remonte pas à une époque bien reculée. Voici ce qu'il y a de plus essentiel dans les raisonnemens de M. Cuvier à ce sujet :

» Si une merveilleuse succession de zoophytes et de mollusques marins, mais inconnus dans notre Océan actuel, et d'autres zoophytes et mollusques d'eau douce, suivis d'animaux terrestres très-différens de ceux que nous voyons; si une immense série de couches, renfermant les débris de ces générations, et formées, par conséquent, l'une après l'autre par les irruptions des eaux douces et par celles des eaux marines; si ces phénomènes, dis-je, ne sauroient s'expliquer qu'en admettant une série indéterminée de siècles pour la formation de la terre, d'autres monumens géologiques prouvent encore plus clairement une dernière catastrophe d'une date très-récente, et qui a donné à la surface de notre globe son aspect actuel. C'est depuis cette catastrophe que nos mers ont commencé à ronger les falaises qui les bordent, que nos fleuves ont modelé les lits dans lesquels ils coulent, que les débris des montagnes se sont étendus en sable et gravier sur les collines et les plaines, que la tourbe a rehaussé et consolidé les marais : or ceux de ces changemens dont nous connoissons l'étendue précise se sont opérés dans une espace de temps si court, que le calcul de proportion n'exige qu'un petit nombre de siècles pour tous ceux qui peuvent avoir eu lieu depuis l'apparition de nos montagnes au-dessus du niveau des eaux. Les atterrissemens de l'Égypte, ceux de l'Italie, ceux de la Hollande et du Holstein, sont assez exactement connus pour qu'on puisse calculer leur progression siècle par siècle, et lieue par lieue. Or, ce calcul prouve que les fleuves et la mer ont dû commencer à former ces atterrissemens il y a tout au plus quatre mille ans. Le même résultat nous est donné par la progression des dunes qui, dans les landes de la Gascogne envahissent à nos yeux tant de terrains. Il n'a pas fallu beaucoup de siècles pour qu'elles aient pu arriver des rivages de la mer à leur terme actuel. Plu-

et originale. Jusqu'ici le seul objet des théories a été de développer la manière dont

---

sieurs grands animaux fossiles ont évidemment péri dans la dernière catastrophe du globe; et leurs os, leur peau, leur poil même, conservés presqu'intacts, démontrent qu'ils ont été ensevelis dans la terre à une époque rapprochée de nous. Mais parmi tous ces débris, nous ne découvrons aucune trace d'ossemens humains vraiment fossiles, c'est-à-dire, enterrés sous des couches formées par la nature; ceux qu'on a donnés pour tels ont, après un examen sévère, été rendus à d'autres espèces animales, ou ont été reconnus pour avoir été trouvés dans des mines, dans des fentes de rocher, où quelque désastre aura fait tomber un homme. Tout porte donc à croire que l'espèce humaine n'existoit point dans le pays où se découvrent les os fossiles à l'époque de la dernière révolution qui a enfoui ces débris; car pourquoi auroit-elle échappé à des catastrophes aussi générales? Pourquoi ces restes ne se retrouveroient-ils pas aujourd'hui comme ceux des autres animaux? L'homme tout au plus habitoit quelques contrées peu étendues, d'où il a pu repeupler la terre après ces événemens terribles; ou plutôt avec M. Deluc, savant interprète de Moïse, l'homme habitoit un continent entièrement abîmé sous les flots, et d'où quelques individus s'échappèrent pour devenir la souche des générations nouvelles. Quoi qu'il en soit de la nature et des effets de cette dernière catastrophe du globe, l'examen de ce qui s'est passé depuis qu'elle a mis à découvert nos continens actuels, prouve que cette dernière révolution, et par conséquent l'existence de la société humaine ne sauroit être très-ancienne.

Cette opinion d'un moderne s'accorde encore parfaitement avec celle des plus anciens philosophes qui ont passé toute leur vie à admirer et à étudier la nature, sans pouvoir toujours l'expliquer. Il y a à peu près 2,000 ans qu'un des poëtes les plus célèbres de Rome osa tenter, et même avec succès, de faire un poëme sur un sujet qui paroît être, encore aujourd'hui, beaucoup au-dessus de la puissance de l'homme et de la durée de sa vie. Il y a à peu près 2,000 ans que Lucrèce a dit, dans son poëme livre 5 :

» *Verùm, ut opinor, habet novitatem summa, recensque*
Natura est mundi, neque pridem exordia cepit :
Quare etiam quædam nunc artes expoliuntur,
Nunc etiam augescunt; nunc addita navigiis sunt
Multa; modò organici melicos peperére sonores;
Denique natura hæc rerum ratioque reperta est

les lois actuelles du règne minéral se sont établies, ou ont commencé à exister, sans

---

Nuper, et hanc primus cum primis ipse repertus
Nunc ego sum, in patrias qui possim vertere voces.

» Je n'en doute pas; notre monde est nouveau: il est encore dans l'enfance, et son origine ne date pas de fort loin. Voilà pourquoi il y a des arts qu'on ne perfectionne, et d'autres qu'on n'invente qu'aujourd'hui. C'est d'aujourd'hui que la navigation fait des progrès considérables. La science de l'harmonie est une découverte de nos jours: enfin, cette philosophie dont j'expose les principes, n'est connue que depuis peu; et je suis le premier qui aie pu traiter ces matières dans le langage de ma patrie. »

(*Trad. de Lagrange.*)

» Ce résultat inattendu de la saine géologie, continuent les Rédacteurs, réconcilie avec l'histoire civile et avec la nature biblique, cette *nature* dont on vouloit leur opposer l'imposant témoignage, et dont aujourd'hui le langage uniforme sur tous les points du globe atteste la nouveauté du genre humain. Par-tout aussi l'homme a conservé le souvenir de l'origine récente des nations. Ici, M. Cuvier entre dans une discussion de critique historique, genre de discussion où souvent les naturalistes s'égarent complètement, mais où M. Cuvier marche d'un pas aussi ferme, aussi sûr que sur son propre terrain. Il nous montre successivement comment toutes les chronologies véritables des nations, réputées les plus anciennes, s'arrêtent à une époque qui n'est guère éloignée de nous de plus de 4 à 5.000 ans. Les traditions indiennes dont M. William Jones, écrivain un peu superficiel, avoit apprécié l'antiquité, ont été réduites à leur juste valeur par les recherches des autres membres de la société de Calcutta. Les immenses périodes astronomiques des Indiens ont été calculées en rétrogradant. M. Delaplace a reconnu que leur plus ancien traité d'astronomie a été composé il y a 750 ans. La mystérieuse Chine ne fournit pas des dates authentiques qui remontent à plus de 2.600 ans, et même le fabuleux empereur Jao a dû vivre il y a environ 4.000 ans. En parlant de la Genèse, M. Cuvier fait une remarque très-judicieuse, et qui m'a paru neuve. *Moïse et son peuple, dit-il, sortoient de l'Égypte, qui, de l'aveu de toutes les nations d'Occident, est le royaume le plus anciennement civilisé de tous ceux qui entourent la Méditerranée. Le législateur des Juifs n'avoit aucun motif pour abréger la durée des nations, et il se seroit discrédité lui-même auprès de la sienne, s'il lui eût enseigné une histoire toute contraire à celle qu'elle devoit avoir apprise*

s'occuper de ce qui les met aujourd'hui en activité, ni de ce qui leur conserve leur con-

---

en Egypte. Il y a tout lieu de croire qu'on n'avoit point alors en Egypte d'autres idées sur l'antiquité des peuples existans que celle que la Genèse présente. Pour que cette excellente remarque eût produit, sur les lecteurs de M. Cuvier, tout l'effet désirable, il eût fallu que l'auteur, au lieu de se borner à faire observer tout ce qu'il y a de vague et d'évidemment fabuleux dans les nombreuses dynasties de dieux et demi-dieux citées par Manethon, nous eût fait connoître l'ingénieuse explication que les savans allemands ont donnée de ces dynasties; l'Egypte, comme la Chine, l'Inde, la Grèce, a dû être partagée en plusieurs royaumes; et ces dynasties, dont les immenses séries paroissent remplir 35.000 ans, ont dû être en grande partie contemporaines. Cette explication résout presque toutes les difficultés de l'histoire ancienne de l'Egypte; mais on doit se rappeler que M. Cuvier n'écrit pas un mémoire *ad hoc;* c'est dans une digression qu'il traite ces questions de chronologie; questions qui n'ont qu'un rapport indirect avec le but de son ouvrage.

» Quelque rapide que soit l'aperçu que M. Cuvier donne de ces questions, nous pensons qu'il opérera une entière conviction chez tous ceux qui ne voudront pas s'obstiner dans une sorte de superstition philosophique, non moins absurde que la superstition religieuse. Pour nous rendre à nous-mêmes compte de toutes les raisons qu'on pourroit encore mettre en avant en faveur d'une très-haute antiquité du genre humain, nous avons de nouveau passé en revue ce qu'on a dit sur les grandes époques de la civilisation; et, en appliquant à ces époques la méthode de d'Alembert, qui vouloit étudier l'histoire à rebours, nous trouvons qu'on peut très-facilement faire entrer, dans une espace de de cinq mille ans, tout ce que nous savons sur la marche de la civilisation.

» Si de l'époque actuelle nous remontons huit cents ans en arrière, nous trouvons l'Europe plongée dans une barbarie complète. Ce n'est même que depuis l'an 1.400 que la civilisation, les arts, les sciences, ont fait des progrès rapides. En quatre siècles, nous avons découvert quatre fois autant de terres que n'en connurent jamais les anciens; et nous avons créé une astronomie, une physique, une chimie, une science de calcul, qui n'a de commun que le nom avec les ébauches qu'ils avoient tentées dans les mêmes genres.

» Remontons encore huit à neuf cents ans, et nous voyons l'ancien univers au plus haut point de sa civilisation. Combien de siècles avoit-il fallu pour l'y porter? En plaçant le siècle

tinuité. Les auteurs de ces théories ont remonté à un état de choses absolument différent de celui qui existe maintenant, et ont borné leurs raisonnemens, ou leurs fictions, à une crise qui n'a eu lieu qu'une fois, et qui ne peut plus arriver. Le docteur Hutton, d'un autre côté, s'est guidé dans ses

---

d'Homère à neuf cents ans avant J. C.. nous laissons au génie des Grecs une carrière de onze ou douze siècles. Certes, les sciences, les lois et les arts, chez les anciens, ne présentent aucun genre de pérfection qui n'ait pu naître et se développer dans cet espace de temps.

» Il reste entre l'aurore de l'histoire Grecque et l'époque du déluge universel quatorze siècles, suivant le P. Pétau et la chronologie ordinaire, ou vingt-un, suivant les Samaritains, les Septante et Josephe. Il nous semble que cet espace de temps suffit pour conduire le genre humain de l'état de dénuement où la grande catastrophe l'avoit laissé, à l'état de civilisation ébauchée où se fixent les premiers regards de l'histoire. On conçoit même assez facilement que les Indiens, les Chinois, les Egyptiens, vivant dans un climat heureux, sur un sol fertile, sous le despotisme ou sous la théocratie, aient pu être arrivés, il y a 3,000 ans, à cet état de civilisation asiatique, où déjà le pouvoir souverain crée de grands monumens, et où le luxe nourrit un certain genre d'arts, état où les Indiens et les Chinois se sont arrêtés, et où peut-être l'Egypte resteroit encore si elle n'avoit pas été subjuguée et colonisée par des nations d'une autre trempe d'esprit.

» Ainsi le cercle de la chronologie biblique, cercle si étroit pour les faiseurs de systèmes, est encore assez vaste pour les historiens. On peut y faire entrer non seulement toute la Grèce historique et héroïque ; mais encore ces grands empires d'Orient, dont les lourds et immenses monumens ont exigé des siècles ; pour l'achever, on peut y faire entrer les antiques migrations des Celtes et des Scandinaves, migrations dont M. Suhm, le Varron des Danois, a cherché à déterminer les époques par de savans calculs et par d'ingénieuses combinaisons, qu'il a toujours pu subordonner à la chronologie des livres saints. La véritable philosophie de l'histoire rejette, sans embarras comme sans regret, tous ces fabuleux millions de siècles dont elle n'a que faire. »

(*Note du Traducteur*).

recherches par la maxime philosophique, *causam naturalem et assiduam quaerimus, non raram et fortuitam*. Sa théorie nous présente donc un système d'économie sage et prévoyante, où les mêmes instrumens sont toujours en action, et où la destruction et le renouvellement des fossiles, ayant lieu en même temps dans les régions qui leur sont assignées, conservent dans la terre tout ce qui est essentiel à la vie animale et végétale. Nous sommes accoutumés depuis long-temps à admirer cette sublime opération de la nature, par laquelle l'eau de l'Océan, pompée en vapeurs par l'atmosphère, en retombant sur la terre, y répand la fertilité, et devient la grande cause de la végétation et de la vie; mais maintenant nous voyons que cette vapeur non seulement fertilise le sol, mais qu'elle le crée; et qu'après l'avoir tiré des roches solides, et l'avoir employé dans ses grandes opérations sur la surface, elle l'entraîne de nouveau dans les régions, où se renouvellent tous ses caractères minéralogiques. Ainsi, la circulation de l'humidité dans l'air est un premier mobile, qui, non seulement dans la succession annuelle des saisons, mais encore dans la grande révolution géologique, limite la destruction et le renouvellement des continens entiers. Jamais peut-être aucun système philosophique ne nous a offert un tableau plus ingénieux de la sagesse qui gouverne toute la nature, ni n'a tant augmenté nos connoissances sur les causes finales. C'est une surabondance de lumières qui prouve

qu'une prévoyance égale s'est étendue sur le tout comme sur les parties, et que les mêmes soins sont employés pour entretenir la constitution de la terre, et pour conserver les espèces d'animaux et de végétaux qui habitent sur sa surface. En un mot, ce qui constitue en particulier l'excellence de cette théorie, c'est qu'elle attribue aux phénomènes géologiques un ordre semblable à celui qui existe dans les fonctions de la nature qui nous sont les plus familières; c'est qu'elle produit les mers et les continens, non par accident, mais par des causes régulières et uniformes; c'est qu'elle fait servir la destruction d'une partie à la restauration de l'autre, et donne de la stabilité au tout, non en perpétuant les individus, mais en les reproduisant sans cesse (*a*).

(*a*) J'aime avoir les Sages de tous les temps et de tous les pays, être enlevés par la même admiration sur l'ordre qui règne dans la nature, tourmentés par la même curiosité, faire les mêmes observations pour la satisfaire, poser à peu près les mêmes principes, sans en tirer peut-être les mêmes conclusions dans leurs systèmes.

Aristote, dans sa lettre à Alexandre, sur le système du monde, dit : chap. 5.

« Est-il rien de comparable à cet ordre du ciel, à cette marche des astres, du soleil, de la lune, qui se roulent de siècle en siècle avec la cadence la plus nombreuse et la plus juste ? Est-il rien de plus invariable que l'ordre de ces saisons belles et fécondes, qui ramènent avec elles toutes les productions de la terre; que cette alternative des hivers et des étés, des jours et des nuits, qui remplissent les années et les mois ? Si vous faites attention à la grandeur, rien n'est plus grand que le monde; si c'est au mouvement, rien ne se meut plus vite; à l'éclat, rien n'est plus brillant; à la force, rien ne l'use, ni ne l'affoiblit. C'est cet ordre qui a séparé les demeures des animaux de l'air, de la terre

127. De plus, dans le détail de cette théorie et dans l'induction étendue sur laquelle elle est fondée, nous rencontrons beaucoup de faits et d'observations ou entièrement neufs, ou jusqu'ici très-mal saisis. Ainsi les veines qui partent des masses de granite, et qui pénètrent le schiste qui les recouvre, ou ont échappé à l'attention des premiers minéralogistes, ou l'importance du phénomène a été entièrement négligée. Le docteur Hutton a décrit les apparences avec une scrupuleuse exactitude, et en a tiré les conclusions les plus intéressantes. D'autres ont, comme lui, remarqué les faits qui concernent la jonc-

---

et des eaux; qui a mesuré leur vie par ses mouvemens; c'est par lui que tout animal vit et respire; enfin c'est lui qui produit, selon des lois certaines, les prodiges qui nous étonnent, lorsque les vents déchaînés se livrent des combats, que les foudres tombent du ciel, que les déluges viennent inonder la terre. Par ces efforts extraordinaires, l'humide exprimé, le feu dilaté rétablissent l'équilibre des parties, et maintiennent l'univers. La terre revêtue de toutes sortes de plantes, arrosée d'eaux vives, peuplée d'animaux divers, produit selon les temps, nourrit, reprend dans son sein une infinité d'êtres de toute espèce, conservant elle-même une jeunesse éternelle, malgré les déluges qui l'inondent, malgré les feux qui la consument en plusieurs lieux.

» Il y a plus; ces phénomènes effrayans sont utiles à sa conservation, et assurent son état. Les tremblemens la délivrent des vents intérieurs, qui s'échappent par les soupiraux qui s'entr'ouvrent. Les pluies emportent les principes de maladie et de corruption. Le souffle des vents balaye les impuretés de l'air. Les feux qui s'allument résolvent les matières trop condensées par le froid. Le froid réunit celles qui sont trop analysées par le feu. Enfin dans les parties, les unes naissent, les autres fleurissent, les autres meurent. Ce qui naît remplace ce qui a péri : ce qui périt fait place à ce qui naît; et la masse, malgré les combats de ses parties, tour à tour victorieuse et vaincue, se conserve dans tous les siècles. » (*Trad. du marquis d'Argens.*)

(*Note du Traducteur.*)

tion des lits primaires avec les secondaires; mais personne, je pense, n'a mieux que lui compris le langage de ces faits, ni déduit d'une manière plus claire les conséquences nécessaires qui en dérivent. Il a le premier saisi les vrais caractères qui distinguent le *whinstone* de la lave, et expliqué les relations réelles qui existent entre ces deux substances. Il a découvert le durcissement des strata en contact avec les veines de whin, et la combustion du charbon dans leur voisinage. Par sa théorie il a donc pu déterminer l'affinité réciproque du *whinstone* et du granite, et leurs relations avec les autres grands corps du règne minéral.

C'est aux observations de cet excellent géologue que nous sommes redevables de la connoissance de faits généraux et importans: savoir, que toutes les substances dures du règne minéral, une fois élevées dans l'atmosphère, tendent à la diminution, et sont sujettes à la désintégration et à une ruine qui ne connoît d'autres bornes que l'entière destruction; qu'il n'y a point, à la surface de la terre, de provisions faites pour restaurer ce qui a disparu, et qu'il ne s'y fait pas une nouvelle production de fossiles; que la création de toutes les scènes variées que le globe présente, dépend des causes dont nous connoissons l'action momentanée, quoique nous n'ayons pas connu auparavant les effets que peut produire la réitération de ces mêmes causes. Voilà autant de faits dans l'histoire naturelle de la terre, dont la dé-

[redacted]

couverte est due au docteur Hutton : et quand nous mettrions de côté une foule de recherches neuves, quand nous considérerions la théorie de la terre comme une entreprise au dessus du pouvoir de l'homme, nous devrions encore regarder les phénomènes et les lois que nous venons de décrire comme un accroissement important et solide à la somme de nos connoissances.

128. Si nous comparions cette théorie avec les (XXIIIe note) autres sous le rapport des

---

(XXIIIe note.) *Géologie de Kirwan et de Deluc.* 250. Les deux champions du système Neptunien qui se sont distingués le plus par leurs attaques contre le docteur Hutton, sont Deluc et Kirwan. Ils ont dressé leurs batteries presque sur le même plan, et ont employé contre leur antagoniste les armes de la théologie et de la science. Par une intention aussi nuisible à la dignité de la religion qu'à la liberté des recherches philosophiques, ils ont méprisé une maxime consacrée par l'autorité de Bacon, et par toute l'expérience que nous avons sur le passé ; « *Tanto magis hæc vanitas inhibenda venit et coërcenda, quia ex divinorum et humanorum male-sanâ admixtione, non solum educitur philosophia phantastica, sed etiam religio hæretica. Itaque salutare admodum est, si mente sobriâ, fidei tantum dentur quæ fidei sunt* (*). »
En s'opposant donc directement aux règles qu'on n'a

(*) Tout le passage est digne d'attention, et semble comme si l'esprit prophétique de Bacon s'adressoit aux cosmologistes de nos jours. *Pessima enim res est errorum* apotheosis, *et pro peste intellectûs habenda est, si vanis accedat veneratio. Huic autem vanitati nonnulli ex modernis summâ levitate ita indulserunt, ut in primo capitulo* Geneseos, *et aliis scripturis sacris, philosophiam naturalem fundari conati sunt :* Inter viva quærentes mortua. » *Nov. organum, lib.* 1° *aphor.* 65.

agens invisibles qu'elle emploie, il nous faudroit encore considérer le feu et l'eau comme les deux puissances dont toutes doivent faire

---

jusqu'ici jamais violées impunément; et, en se méprenant sur l'objet véritable de la théorie de la terre, ils ont reporté leurs observations à une période antérieure à la série actuelle des causes et des effets, et, là où l'expérience ni l'analogie ne peuvent les diriger, ils prétendent se guider par le secours d'une lumière supérieure. Ils voudroient nous forcer à considérer leurs inventions géologiques comme un commentaire du texte de Moïse; ils tâchent d'expliquer l'action du pouvoir créateur, et dans leur curiosité indiscrète, ils s'efforcent de déchirer le voile que la main du prophète a si sagement respecté. Mais ce voile ne peut être touché, et tout ce qui est derrière lui doit être pour l'homme comme s'il n'avoit jamais existé.

251. M. Deluc a néanmoins traité d'une manière très-diffuse l'histoire du système solaire comme antérieure à l'établissement des lois actuelles de la nature, et s'est appesanti avec beaucoup de complaisance sur une foule de détails minutieux. Sa dixième lettre à Laméthérie porte le titre suivant :

« Sur l'histoire de la *terre*, depuis que cette planète fut pénétrée de *lumière*, jusqu'à l'apparition du *soleil*; espace de temps qui renferme les *origines* de la *chaleur*, et de la *figure* de notre globe; de ses *couches primordiales*, de l'*ancienne mer*, de nos *continens*, comme fond de cette mer, de leurs grandes chaînes de *montagnes*, et de la végétation (*). »

J'avoue que je ne connois de cette lettre que le titre, et que je ne puis me décider à suivre un homme qui va

(*) Journal de physique, tom. 37 (1780), part. 2, pag. 332.

usage, de manière à ne différer les unes des autres que par les différentes combi-

---

chercher hors de la nature toutes ses connoissances; qui prétend donner l'histoire de notre système planétaire, quand le soleil n'existoit pas, et compter tous les événemens qui sont arrivés entre l'existence de ce globe lumineux et l'existence de la lumière. Une entreprise aussi absurde ne peut trouver d'apologiste; et le sourire qu'elle excite, quand elle est le fruit de l'imagination, se change en indignation lorsqu'elle prend la physionomie d'une recherche philosophique.

Elle place cependant dans un grand jour toutes les inconséquences dont est susceptible le caractère intellectuel du même individu, sur-tout quand on fait attention que l'auteur de cette rêverie bizarre est, malgré cela, un excellent observateur, et un homme très-habile dans tout ce qui concerne les expériences. On a de la peine à concevoir que celui qui a écrit l'histoire de la terre avant la formation du soleil, ait été versé dans les principes du raisonnement, et qu'il ait pu ajouter beaucoup aux connoissances géologiques par des observations exactes, et des descriptions faites avec beaucoup de clarté et de vérité. Ses lettres physiques sont remplies de recherches justes et importantes, quoiqu'accompagnées de raisonnemens qui ne méritent pas toujours le même éloge. Dans un autre ouvrage, il a eu du succès où des gens de génie ont erré, et il a prodigieusement perfectionné une des branches mathématiques, sans emprunter presque aucun secours des principes de la science (*).

252. Quelques-unes de ces observations peuvent s'appliquer à M. Kirwan. Ses essais géologiques ont aussi pour objet d'expliquer la première origine des choses; et dire qu'il n'a point réussi dans une entre-

(*) Essai sur les modifications de l'atmosphère.

naisons de ces deux pouvoirs. Dans le système du docteur Hutton, l'eau la première

---

prise tentée inutilement par tout le monde, n'est point un reproche sur l'exécution de son travail, quel qu'ait été son but. En effet, nous ne connoissons pas les règles qui l'ont guidé : ce qui, dans d'autres occasions seroit à blâmer, peut mériter ici des applaudissemens; et, si son ouvrage est rempli de confusion et de doutes, ce sont des défauts attachés au sujet qu'il vouloit décrire. Il eût été à désirer sans doute que M. Kirwan, après s'être lancé dans les régions de la lumière, eût eu autant de succès en copiant la beauté et la simplicité de la nature, qu'en représentant le désordre et l'incohérence de la masse cahotique. Mais sa cosmologie n'a ni unité dans ses principes, ni analogie dans ses parties : les causes qu'il admet, sont presque toujours aussi applicables à une espèce d'apparence qu'à une autre, ou, si quelques-unes d'elles ne suffisent pas pour rendre raison de l'effet qu'il leur attribue, il a toujours recours à une hypothèse nouvelle et arbitraire. L'instruction qui résulte est peu exacte : une multitude de faits réunis sans ordre et sans une discussion essentielle qui précise la science, et une infinité de citations sans critique et sans comparaisons, prouvent une lecture très-étendue, mais en même temps une étude très-précipitée et très-superficielle. C'est ainsi que nous lui avons vu avancer, en faveur de ses opinions, des passages de Ulloa et de Frisius, qui, bien entendus, leur sont diamétralement opposés.

253. Sous un rapport, les ouvrages géologiques de Kirwan sont inférieurs à ceux de Deluc. Ils sont évidemment les productions d'un homme qui n'a point vu la nature par ses propres yeux; qui a étudié la minéralogie dans les cabinets; mais qui rarement a observé les fossiles dans leur place native. La balance dans la main, et les caractères de Werner sous les yeux, il a examiné les minéraux avec attention, et a découvert

dépose et arrange les matières, ensuite le feu les consolide, les minéralise, et enfin les élève en strata ; mais, par rapport aux substances non stratifiées ou cristallisées, l'action du feu agit seule. Le système qui se rapproche le moins de celui-ci est celui des

---

les marques qui pouvoient leur assigner leur place dans un système d'arrangement artificiel. Mais *raisonner* et *arranger* sont des opérations de l'esprit très-différentes ; et un homme peut bien être loué comme bon minéralogiste, et n'avoir pas les qualités qui font le géologue.

254. C'est avec le même empressement et la même impatience qu'il dirige ordinairement ses argumens contre le docteur Hutton. Rarement il se met en devoir de connoître les opinions de son adversaire, et entre ce qu'il donne pour tel et les raisonnemens qu'il expose, il n'y a souvent aucune ressemblance. Sans la moindre intention de tromper les autres, il se trompe lui-même, et réfute les notions du docteur Hutton, que dans le principe il saisit toujours mal. Dans cette dispute imaginaire, on pourroit supposer qu'en général il a le dessus : lorsqu'un homme connoît bien son argument et celui de son antagoniste, il faut qu'il soit mauvais logicien pour ne pas avoir l'avantage dans le combat.

255. Il est juste pourtant d'avouer que tous les Neptunistes n'ont pas à se reprocher d'avoir pris le principe de leurs recherches dans une période précédente aux lois de la nature. Autant que je puis en juger, cette absurdité n'est pas à reprocher au système de Werner. Ce minéralogiste ne s'est point proposé d'expliquer la première origine des choses, quoiqu'il ait supposé, à une période très-ancienne, le globe dans une condition bien différente de celle d'aujourd'hui, c'est-à-dire, l'entière submersion de la partie solide sous la partie fluide.

Neptunistes, qui n'attribue qu'à l'eau la formation de tous les minéraux, et qui étend cette hypothèse même jusqu'aux roches non stratifiées. Ici donc l'action du feu est nulle, et certainement les Neptunistes ont fait un grand sacrifice à l'amour de la vérité, ou du paradoxe, en rejetant le secours d'un auxiliaire aussi puissant.

129. Dans les systèmes qui admettent l'action (XXIVe note) du feu, nous devons examiner ceux qui ont une plus grande ressem-

---

(XXIVe note.) *Système de Buffon.* 256. Il n'y a pas d'autre ressemblance entre la théorie du docteur Hutton et celle de Buffon, sinon que toutes deux emploient les mêmes agens, c'est-à-dire, le feu et l'eau. Sous les autres rapports, ces deux théories sont très-différentes. L'ordre dans lequel ces deux agens sont employés est, comme on l'a déjà remarqué, dans une direction opposée. Buffon introduit l'action du feu la première, et ensuite celle de l'eau pour détruire les substances minérales, les arranger après de nouveau, et pour les disposer en strata. Il ne pourvoit à rien pour la consolidation de ces strata, ni pour leur élévation angulaire; il n'a nul moyen d'expliquer les roches non stratifiées, et il n'en a que de très-foibles pour rendre compte des inégalités de la surface de la terre.

De plus, Buffon, en quelque sorte, se trompe sur le véritable objet d'une théorie de la terre; et, quoiqu'il ne remonte pas, comme les géologues cités, à un tems où les lois de la nature n'étoient point encore établies, il part d'un état de choses trop différent de celui que nous voyons, pour avoir la base d'un système raisonnable: à la vérité, il ne cherche pas à examiner la situation de notre système planétaire avant l'existence du soleil; car, même avec l'envie de s'abandonner à

blance avec celui du docteur Hutton, malgré des différences remarquables et faciles à saisir.

---

son imagination, une pareille extravagance n'auroit pu sûrement que le révolter. Mais il parle du monde à partir du moment où la terre et les planètes ont cessé de faire partie du soleil, et en ont été détachées (*).

Cette hypothèse, sur l'origine des planètes, imaginée sur-tout pour expliquer la circonstance de leur mouvement qui se fait dans la même direction ; et, sous d'autres rapports, contraire au principe de la gravitation, n'a rien de commun avec une théorie renfermée et bornée, comme celle du docteur Hutton, à la seule étendue possible de nos recherches, et qui ne vise pas à expliquer la terre par une situation toute différente de celle d'aujourd'hui.

257. Les deux systèmes diffèrent autant par ce qui concerne l'avenir que par ce qui appartient au passé. Buffon regarde le refroidissement de notre planète et la perte de sa chaleur, comme une marche graduelle qui ne doit avoir d'autre terme que l'extinction finale de la vie et du mouvement sur toute la surface, et dans les entrailles de la terre. La mort de la nature elle-même est l'objet éloigné, mais triste, qui borne notre horizon, et nous rappelle les fictions bizarres de la mythologie scandinave, selon laquelle l'*anéantissement* doit étendre son empire, même jusqu'aux Dieux. Cette chimère, horrible et peu philosophique, étoit indigne du génie de Buffon, et nullement faite pour occuper une intelligence aussi parfaite et aussi étendue que la sienne. Cette idée forme un contraste complet avec la théorie du docteur Hutton, où tout se voit au-delà de la continuation du présent ordre de choses ; où aucun germe caché de malheur ne menace le tout d'une destruction finale, et où les mouvemens sont si parfaits, qu'il est

(*) Selon Buffon, le granite est une véritable matière solaire, qui n'a changé que par sa congélation.

Dans

Dans les cosmologies, par exemple, de Léibnitz et de Buffon, le feu et l'eau sont employés

---

impossible qu'ils finissent d'eux-mêmes. Voilà un coup-d'œil du monde sûrement plus convenable à la dignité de la nature et à la sagesse de son auteur, que tous les autres systèmes de cosmologie.

258. Dans ces éclaircissemens, j'ai cité Buffon, et le plus souvent pour combattre ses opinions; néanmoins je sens vivement toutes les obligations que lui ont les personnes occupées des sciences qui se rattachent à l'histoire naturelle de la terre.

L'étendue et la variété de ses connoissances, la justesse de son raisonnement, la grandeur de ses vues, la pureté de son goût, et la force de son éloquence, le destinoient, mieux qu'aucun autre individu peut-être, à composer l'histoire de la nature. Les erreurs qu'il a commises sont presque toutes des conséquences nécessaires des circonstances où il se trouvoit; et, si on les compare au mérite général de tout son ouvrage, elles doivent être comptées pour peu de chose. Buffon a commencé à écrire lorsque beaucoup de parties de l'histoire naturelle étoient à peine connues; lorsque les documens authentiques et les descriptions scientifiques et correctes étoient rares. On ignoroit alors la plupart des faits géologiques importans; à peine avoit-on bien examiné quelques parties du règne minéral; et, avec les matériaux de ce temps-là, il n'est pas étonnant que quelques endroits de l'édifice qu'il a élevé, n'aient pas été aussi solides et aussi durables que le reste. S'il eût paru un peu plus tard, et après le temps où le raisonnement *à priori* usurpoit la place de l'induction; et si, pour rectifier les erreurs où l'avoient entraîné de fausses informations, il eût employé autant de génie que pour les défendre, son ouvrage auroit probablement atteint toute la perfection que peut obtenir une chose hors de la sphère des sciences exactes. S'il eût examiné l'histoire naturelle de la terre par ses

comme dans celui-ci, mais dans un ordre inverse. Ces philosophes introduisent d'abord l'action du feu, et ensuite celle de l'eau, ce qui renverse entièrement l'ordre naturel, puisque la consolidation des roches doit être postérieure à leur stratification. Certes, la théorie de Buffon est bien fautive, car, en changeant l'ordre des deux grandes opérations de la stratification et de la consolidation, il ne peut réellement expliquer cette dernière, ni se rendre compte de l'élévation, ni de la position très-inclinée des strata; il ne met aucune distinction entre les corps stratifiés et non stratifiés, et il explique d'une manière très-peu satisfaisante la cause des inégalités qui sont sur la surface de la terre. Son système n'a donc qu'une ressemblance très-éloignée avec la théorie Huttonienne.

130. Le système de Lazzaro Moro est celui

---

propres yeux, et mis dans ses descriptions autant de fidélité que de force; s'il eût écouté avec plus de soin tous les philosophes qui l'entouroient; s'il eût suivi davantage les démonstrations de Newton, et moins rejetté les classifications de Linnée, il eût été l'auteur d'une production aussi étonnante par la réunion des vérités que par celles des beautés, et auroit presque mérité l'éloge que lui a valu l'enthousiasme de ses compatriotes: *Majestati naturæ par ingenium* (*a*).

(*a*) S'il y a enthousiasme dans ce que renferment ces quatre mots latins, il est honorable pour les Français, que ce soit un savant étranger qui semble l'approuver, même dans les restrictions qu'il met.

(*Note du Traducteur.*)

qui (xxve note) se rapproche le plus de notre théorie ; et il est certain que le même prin-

---

(xxve note.) *Figure da la terre.* 259. On regarde, comme un fait confirmé par beaucoup d'expériences, que la terre est un corps sphéroïdal comprimé vers les pôles, ou élevé à l'équateur; et, quoique ces expériences ne coïncident pas exactement par rapport au degré d'aplatissement qu'elles donnent à ce sphéroïde, elles s'accordent suffisamment pour confirmer que la terre, quoique solide, a presque la même figure qu'elle prendroit si elle étoit fluide, en conséquence de sa rotation autour de son axe.

Il est facile de voir maintenant à quelle cause physique il faut attribuer ce phénomène. La terre, dans son état actuel, n'a aucune des conditions qui puissent lui faire prendre la figure de l'équilibre qui lui est parfaitement inutile. Dans sa structure, ses parties se rapprochent avec une force incomparablement trop grande pour obéir aux lois d'une pression *staticale*, ou pour prendre une forme plutôt qu'une autre, à cause de sa tendance centrifuge, effet de sa révolution autour de son axe. Il n'y a point de nécessité que sa surface soit partout de niveau ou perpendiculaire à la direction de la gravité, ni que deux colonnes, reposant sur la même base, et répondant de là à chacun des deux points de la surface, soient d'un poids susceptible de se balancer l'une l'autre. Rien de tout cela, en vérité, n'est conforme au fait en question. Telles sont pourtant les suppositions sur lesquelles on fonde la détermination du sphéroïde de l'équilibre ; et, comme certainement elles n'ont aucun rapport à la terre, il semble étrange qu'on lui applique les résultats qu'on en déduit. Cependant il reste à expliquer cette coïncidence; et elle doit beaucoup augmenter le mérite d'un système géologique, si elle peut lier ce phénomène énigmatique et important avec les autres faits de l'histoire naturelle de la terre.

260. L'objet favori des géologues, soit Neptunistes,

cipe important est commun à tous deux. La théorie du géologue italien s'est dirigée prin-

---

soit Vulcanistes, est d'établir convenablement cette connexion. Les uns et les autres se sont crus en droit de supposer la fluidité primitive du globe, les uns par l'eau, d'autres par le feu; et quelle qu'ait été la cause de cette fluidité, le résultat devoit être, selon les lois de l'hydrostatique, la figure sphéroïdale de toute la masse. Si, dans cet état de fluidité, la terre a été homogène, le sphéroïde a dû être exactement elliptique, et l'aplatissement aux pôles $\frac{1}{230}$ du rayon de l'équateur; si le fluide a été plus dense vers le centre, l'aplatissement a dû être moindre; et, dans les deux cas, le corps, en acquérant la solidité, peut être supposé comme ayant conservé sa figure sphéroïdale avec quelques variations. Mais, quoique la fluidité de la terre explique le phénomène de l'allongement de sa figure, on peut se demander encore si cette fluidité est compatible avec les autres apparences. D'après ce que nous avons dit, il n'y a aucune apparence dans le règne minéral, qui montre rien de plus qu'une fluidité partielle dans les époques anciennes de la terre. Les strata actuels composés des ruines des plus vieux strata, quoiqu'amollis par la chaleur, n'ont pas été mis par elle en fusion; et même ils ont eu leur mollesse par parties et par succession, et non tous ensemble, ni dans le même moment.

Les substances non stratifiées, et plus cristallisées, ont été moulées lorsqu'elles étoient fluides dans l'intérieur de celles qui étoient solides. Dans tout ceci cependant, il n'y a point d'indication de la fluidité de toute la masse, ni même de toute la surface de la terre, et rien par conséquent ne peut expliquer la figure sphéroïdale qu'elle a. Ainsi, quoique la supposition de la fluidité du corps entier de la terre, ou même de sa croûte extérieure, puisse expliquer la compression vers les pôles, elle ne rattache point ce fait avec les autres dans l'histoire naturelle du globe, et pèche dans un des points les plus essentiels

cipalement vers l'explication des débris d'animaux marins, qui ont été trouvés dans des

---

d'une théorie. Elle est exposée aussi à d'autres objections, soit que la cause en vienne du feu ou de l'eau, soit qu'elle s'appuie sur les principes de Buffon ou sur ceux de Werner.

261. Supposons d'abord que la fluidité de la terre, ou de sa croûte extérieure jusqu'à une certaine profondeur, soit venue de la dissolution du tout dans les eaux de l'Océan, et, mettant de côté toutes les objections faites au sujet de l'insolubilité absolue dans l'eau de beaucoup de substances minérales, supposons-les toutes solubles à un certain degré, et calculons la quantité de menstrue qui, dans les suppositions les plus favorables au système, a dû être employée dans cette grande opération géologico-chimique.

La terre siliceuse, quoique non dissoluble dans l'eau *per se*, après sa dissolution dans ce fluide par le moyen d'un alkali, a été trouvée par le docteur Black, dans son analyse de l'eau de Geyser, suspendue dans une quantité d'eau entre 500 et 1,000 fois son propre poids. Voilà un des faits les plus favorables à la théorie Neptunienne; et, pour l'avantage de cette théorie, nous prendrons le plus petit de ces deux nombres, et nous supposerons que la terre siliceuse peut être dissoute et suspendue dans 500 fois son poids d'eau.

En prenant ceci pour le dernier degré d'insolubilité des substances minérales (quoiqu'il y en ait beaucoup dont l'insolubilité soit absolue, ou, pour parler le langage du calcul, infiniment grande), nous pouvons supposer l'insolubilité de tout le reste, ou que les quantités d'eau dans lesquelles ces substances ont été dissoutes, doivent former une échelle descendante de 500 à o, dernier degré de déliquescence. Ainsi, en prenant le terme moyen entre ces deux extrêmes, nous aurons 250 comme proportion de l'eau qui a servi à dissoudre les substances minérales. Mais cette proportion est beau-

montagnes éloignées de la mer. Il paroît que cette idée lui a été suggérée par les phé-

---

coup au-dessous de la vérité ; car la quantité de terre siliceuse l'emporte de beaucoup, en comparaison, sur tout le reste, et les substances minérales solubles dans l'eau sont très-peu nombreuses : cependant, lorsque nous supposons des corps minéraux solubles, au terme moyen, dans 250 fois leur poids d'eau, nous faisons une supposition très-avantageuse au système des Neptunistes.

262. Telle est la proportion entre le *poids* du dissolvant et des substances tenues en dissolution : pour avoir la proportion de leurs *volumes*, nous pouvons supposer que la pesanteur spécifique des corps minéraux en général est à celle de l'eau comme 5 est à 2 ; et alors nous avons, pour proportion des volumes, celle de 250×5 à 2×1, ou celle de 625 à 1. Il suit donc qu'en général on ne peut supposer les minéraux solubles dans moins d'eau que 625 fois leur volume.

263. De plus, il faut accorder aux Neptunistes que la fluidité de toute la terre n'est pas nécessaire pour expliquer sa forme sphéroïdale. Il suffit qu'il y ait eu fluidité pour toute la croûte ou l'enveloppe de matières qui est contenue entre la surface actuelle du sphéroïde terrestre, et la surface de la sphère intérieure, c'est-à-dire, de la sphère qui a pour diamètre l'axe polaire de la terre. Tous les minéraux qui composent cette croûte doivent au moins avoir été dissous par l'eau, et avoir formé la masse cahotique de M. Kirwan. Le volume d'eau requis pour cette opération n'a pas été moindre que 625 fois le volume de l'enveloppe sphéroïdale dont nous venons de parler.

Mais, en calculant que la différence entre l'axe polaire et le diamètre de l'équateur est de $\frac{1}{300}$ du dernier, supposition favorable au phénomène, il est aisé de montrer que l'immensité de la croûte sphéroïdale, ou la différence entre le contenu solide de la terre et la sphère

nomènes observés dans les *campi Phlegraei*, et par la production de la nouvelle île *Santo-*

---

intérieure, est plus grande que $\frac{1}{151}$, et moindre que $\frac{1}{150}$ de toute la terre; de sorte que la terre est moindre que 151 fois l'enveloppe sphéroïdale.

C'est pourquoi le volume nécessaire pour tenir en dissolution les substances de cette enveloppe, est au volume de toute la terre comme 625 est à 151, ou dans une proportion plus grande que celle de 4 à 1 : telle est cependant, pour le moins, la quantité d'eau que M. Kirwan suppose s'être retirée dans les cavernes intérieures de la terre, au terme de son action chimique. Ainsi, les Neptunistes, au sujet de la figure sphéroïdale de la terre, sont réduits à un dilemme embarrassant, et sont forcés de choisir entre une impossibilité physique et une impossibilité mathématique.

Voulons-nous chercher si l'opinion de l'origine ignée des minéraux, comme la conçoivent ordinairement les Vulcanistes, est capable de donner une meilleure solution de cette difficulté; la théorie de M. de Buffon se présente d'elle-même.

264. Ce philosophe considère l'existence de la figure sphéroïdale comme une preuve que toute la terre a dû être originellement fluide; et, comme la fluidité du tout ne peut être attribuée qu'à sa fusion, il a supposé que la terre avoit été une masse de matière fondue, détachée du soleil par le choc d'une comète; et que cette masse, en tournant autour de son axe, a pris la figure d'un sphéroïde, qu'elle a conservée, quoique maintenant refroidie jusqu'à la congélation.

Ce système n'a pas besoin d'etre considéré en détail; il est fondé sur des principes de géometrie et de mécanique si foibles, que l'auteur, malgré sa grande intelligence, le brillant de son imagination, et toutes les ressources de son génie, n'a pu lui donner aucune solidité.

Mais, sans admettre tout ce système, nous pouvons

rini, dans l'Archipel. Il suppose donc que les îles et les continens ont été élevés du fond de

---

en adopter une partie, et supposer que la terre, ou au moins sa croûte extérieure, a été fluide par le feu, quoique nous ne remontions pas jusqu'à la cause de ce feu, et jusqu'aux moyens qui l'ont produit.

En nous conduisant ainsi, il est vrai que nous ne risquons pas de rencontrer la même espèce d'absurdité qui se trouve dans le système Neptunien, et que la théorie Vulcanique ne se trouve pas, comme l'autre, en opposition directe avec un axiôme de géométrie. Néanmoins elle offre de grandes difficultés : car, quoique tous les phénomènes du règne minéral prouvent la fluidité par l'origine ignée, cependant c'est une fluidité qui n'a jamais été que partielle; et, quoiqu'elle ait eu lieu sur toute la terre, ce n'a été que successivement. D'ailleurs, nous ne pouvons admettre l'existence et la disparition d'une aussi grande quantité de chaleur, sans assigner quelque cause de ce changement.

265. Puisque les hypothèses des Neptunistes ou des Vulcanistes ne donnent aucune bonne explication de la figure de la terre, ou une, au moins, qui ait quelques rapports avec les apparences de son histoire naturelle, il nous reste à chercher si le système qui suppose une fluidité partielle et successive, comme celle que propose le docteur Hutton, présente quelques ressources pour l'explication de ce grand phénomène.

Le docteur Hutton n'a pas traité ce sujet; et la première fois que j'ai pris connoissance de son système, j'ai cru que son silence, sur un fait aussi important que celui de la figure oblongue de la terre, devenoit une forte objection contre lui. En examinant la matière de plus près, j'ai trouvé cependant que sa théorie contenoit une solution très-satisfaisante de cette difficulté, (et même la seule satisfaisante). Je vais, autant qu'il

la mer, comme celle dont nous venons de parler, par la force de feux volcaniques : que ces

---

est nécessaire au but que je me propose dans ces éclaircissemens, développer cette solution.

Le docteur Hutton, dans sa théorie, pose en principe que la surface de la terre est continuellement changée par le *detritus* des continens ; et que, par les matériaux qu'ils fournissent, de nouveaux strata horizontaux se forment sans cesse dans le fond de la mer. Si cela est vrai, et si ces alternatives de destructions et de renouvellement ont été souvent répétées, il est certain que la figure de la terre, quelle qu'elle ait été originellement, doit enfin parvenir à coïncider avec le sphéroïde de l'équilibre.

266. Il faut remarquer, ici, que les expressions, *figure de la terre* et *surface de la terre*, sont l'une et l'autre prises occasionellement dans deux sens différens.

La surface de la terre, dans son sens le plus naturel, est celle qui limite toute la terre, et renferme toutes ses inégalités; c'est une surface extrêmement irrégulière, s'élevant jusqu'au sommet des montagnes, descendant jusqu'au fond des vallées, et dont la continuité de courbure est souvent interrompue, ou changée brusquement. On peut l'appeler la surface *actuelle*, et la surface qu'elle enferme, la figure *actuelle* de la terre.

La surface de la terre, dans un autre sens, est celle qui est par-tout horizontale, la même que l'eau prend lorsqu'elle est calme.

Cette superficie est déterminée par sa constante perpendicularité à la direction de gravité ; c'est la surface indiquée par le niveau, et qu'on peut supposer être continuée depuis la mer, à travers l'intérieur de la terre, jusqu'à un autre point opposé de la mer. La figure, environnée par cette surface horizontale, peut très-bien porter le nom de figure *staticale* de la terre.

Lorsque l'on dit que la figure de la terre est un sphé-

feux ont commencé à s'enflammer sous l'Océan, aussitôt après la création du monde,

---

roïde allongé, on entend parler de la figure *staticale*, et non de la figure *actuelle ;* et les degrés du méridien, que les astronomes mesurent, se rapportent aussi à cette première figure.

267. Supposons maintenant un corps comme celui de la terre, mais avec sa figure actuelle beaucoup plus irrégulière, ayant une mer autour de lui, l'eau descendra dans les cavités les plus basses, et s'arrangera de manière que sa surface sera par-tout perpendiculaire au fil-à-plomb, ou à la direction de gravité, seule situation qui puisse lui donner son repos. La figure de superficie, que la mer prendra alors, sera une courbure continue, qui se rejoindra à elle-même, quoique, si la figure *actuelle* est très-irrégulière, elle puisse s'écarter, soit de la sphère, soit du sphéroïde. Si, cependant, nous supposons les parties solides de cette masse sujettes à la dissolution, à la ruine, et susceptibles d'être transportées dans l'Océan, il y aura tendance pour tout le corps à prendre la même figure qu'il auroit prise, s'il eût été entièrement fluide, et sujet aux lois de l'hydrostatique. Cette tendance est le résultat de deux principes.

268. Supposons le corps que nous venons de décrire sans rotation, de manière que ses particules ne reçoivent d'autre action que celle qui est produite par les forces de cohésion et d'attraction.

Il est clair alors que chaque particule, enlevée par le frottement des parties qui sont au dessus du niveau de la mer, et déposée sous sa surface, rend la figure générale plus compacte, en rapprochant les parties les plus éloignées du centre de gravité de toute la masse ; de sorte qu'avec le temps, si le corps est homogène, tous les points de la surface seront également distans du centre. Ainsi, la figure *actuelle* change continuellement, et se rapproche de la figure *staticale*.

Pendant que ce changement s'opère dans la figure

et lorsque les eaux couvroient toute la terre : que d'abord ils en ont élevé une portion,

---

actuelle, il s'ensuit un autre dans la figure *staticale*, qui tend à accélérer beaucoup la coïncidence finale des deux.

L'effet des inégalités de la terre, qui s'élèvent au dessus de la surface horizontale, est, par leur attraction, de rendre les parties de cette surface immédiatement au dessous d'elle, plus convexes, *cœteris paribus*, que le reste. De plus, lorsqu'il y a dans la mer des endroits d'une grande profondeur, c'est-à-dire, lorsque les parties solides et plus denses sont très-éloignées de la surface de l'Océan, la courbure de la superficie de la mer est par cela même diminuée ; et cette superficie devient moins convexe qu'elle ne le seroit si la mer étoit moins creuse. Ces deux propositions sont susceptibles d'une démonstration rigoureusement mathématique. C'est ainsi que l'enlèvement d'une seule particule de matière de dessus le sommet d'une montagne tend à diminuer la courbure de la surface horizontale qui est au dessous de la montagne, là où elle est la plus grande ; et la déposition de cette même particule, dans le sein de la mer, tend à augmenter la courbure de cette superficie, là où elle est la plus petite. C'est pourquoi la tendance générale, étant d'augmenter la courbure où elle est petite, et de la diminuer où elle est grande, doit être aussi de répandre par-tout une courbure uniforme, je veux dire, une figure sphérique. Ainsi, par la destruction et la stratification de la terre, la direction de la gravité est sans cesse troublée ; elle se concentre de plus en plus, et la figure se rapproche toujours de celle que prendroit un fluide.

269. Si nous supposons maintenant que le corps tourne sur son axe, toutes choses restant dans le même état, la surface qui limite la mer deviendra différente de ce qu'elle étoit dans le premier cas, et s'enflera davantage vers le milieu, ou dans les régions équatoriales.

et que dans cette partie primitive il ne se trouve point de coquilles, puisque le premier

---

La terre, au dessus du niveau de la mer, sera, comme auparavant, rongée, et déposée au fond de la mer, de manière à former des strata presque parallèles à sa surface : ainsi, la tendance est pour rendre la figure *réelle* de la planète approximative de la figure *staticale*. Dans le même temps, comme nous l'avons dit, la figure *staticale* éprouve un changement, de sorte que les deux figures se rapprochent mutuellement ; et le terme, ou la dernière figure qu'elles puissent prendre, est celle qu'affecte l'Océan par-tout où la profondeur est la même, car alors les causes de changement cessent. Mais cette figure ne peut être que le sphéroïde de l'équilibre, effet nécessaire de la ruine et de la réconsolidation de la terre, en supposant ces deux actions indéfinies et sans interruption. Ici, comme dans d'autres cas, lorsqu'un corps est soumis à l'action de causes qui changent *graduellement* sa forme, la figure la plus apte à résister à ces changemens, est celle que les changemens eux-mêmes finissent par produire.

De même, quelles que soient les irrégularités de densité, la tendance à un changement de figure ne cessera pas jusqu'à ce que le corps soit moulé dans ce sphéroïde particulier, qui admet par tout une enveloppe aqueuse de la même profondeur (*).

Il paroît donc qu'un solide, d'une figure et d'une

(*) De même, comme par transition, la figure irrégulière devient un sphéroïde d'equilibre ; de même, si la figure actuelle a été d'abord plus simple que le sphéroïde, elle prendra cette dernière figure par degrés.

Concevons que la terre soit en repos, et qu'elle soit une sphère parfaite de matière solide, entourée d'un Océan par-tout également profond. par exemple d'un mille. Alors, si on lui donne un mouvement rotatoire qui la fasse tourner sur son axe dans 24 heures, en conséquence de la force centrifuge, l'eau qui l'enveloppe s'élevera immédiatement sous l'équateur, et fera partie d'une surface sphéroïdale (presque elliptique), dont le diamètre équatorial est plus grand que l'axe polaire dans

Océan ne contenoit point d'animaux. Les volcans en continuant de brûler sous la

---

densité irrégulières, pourvu qu'il soit recouvert en partie, et qu'en même temps il soit sujet à la destruction au dessus du niveau de la mer, et à la réconsolidation au dessous, a la tendance d'acquérir, avec le temps, la même figure qu'il eût acquise, en supposant sa fluidité totale.

270. Dans les raisonnemens précédens, nous avons

la proportion de 588 à 577. Par ce moyen, l'eau se ramassera à l'équateur à peu près de deux à cinq milles; et formera autour de la terre une zône qui s'étendra de chaque côté de l'équateur à peu près de 37°. Le reste de la surface restera à sec, formera deux grands Continens de 53° degrés de chaque côté des pôles, qui sont élevés dans le milieu de plus de 4 milles au dessus du niveau de la mer.

Dans cette hypothèse, tel seroit l'état de notre globe, et sans la ruine et la destruction de la terre, cet ordre de choses seroit permanent, et ni la partie solide, ni la partie fluide de la masse, ne prendroient une autre figure que celle que nous avons démontrée. Mais si nous supposons que, dans ces circonstances, l'action de l'atmosphère soit réglée par les mêmes lois qui agissent sur la constitution actuelle du globe, les vapeurs qui s'élèvent au dessus de la surface de la mer, seront portées par les vents sur la terre, où elles se condenseront et se précipiteront en pluies. Ainsi, tous les agens de la destruction agiront librement sur les deux grands continens polaires, les rivières se formeront, la terre sera creusée par des ravins profonds; ces ravins s'ouvriront en grandes vallées; les masses les plus susceptibles de résistance prendront la figure de collines et de montagnes; et d'une superficie plane et uniforme, naîtront les mêmes inégalités qui diversifient maintenant la surface de la terre.

Tandis que les parties de la sphère hors du sphéroïde diminuent continuellement, la terre légère et le sable qui s'en détachent se déposent au fond de la mer, et forment des strata parallèles à la surface de l'eau qui les couvre. Les figures *actuelle* et *staticale* s'identifient ainsi l'une avec l'autre; et, pendant que la figure *staticale* est changée, d'après le principe posé du changement dans la direction de gravité, elle tend continuellement à se rapprocher d'un état, qui, une fois obtenu, ne peut plus changer, je veux dire celui d'un sphéroïde elliptique oblong, dont la surface est perpendiculaire à la direction de gravité, ayant le diamètre équatorial, en proportion avec l'axe polaire, comme 230 est à 229.

mer après la création de la nature vivante, les strata, élevés alors par leur action, se

---

supposé que les progrès de la ruine et la stratification subséquente étoient sans interruption, jusqu'à ce que toute la terre fût couverte par l'eau. Cette supposition sert à expliquer la nature des forces qui ont déterminé la figure de la terre; mais il n'y a point de raison de penser que ce phénomène ait jamais eu lieu dans toute son étendue, puisque l'élévation des strata du fond de la mer interrompt cette marche, et crée une nouvelle terre dans un lieu, pendant que l'ancienne se détruit dans un autre. La même terre aussi, qui est dégradée peut être élevée par les forces qui sont au dessous d'elle, ou abaissée par les altérations dans son niveau, effets dont nous ignorons la cause, mais dont l'action est réelle (§ 223). Malgré ces interruptions, la tendance générale, pour donner à la terre une figure sphéroïdale, peut subsister; et chaque révolution la rapproche bien plus de cette figure qu'elle ne l'en éloigne. Cette figure donc, quoique vraisemblablement elle ne doive jamais être parfaite, sera la figure *limitante* ou *asymptotique*, si on peut l'appeler ainsi, de laquelle la terre tendra toujours à se rapprocher.

Si les conclusions précédentes sont justes, et si la figure de l'équilibre n'est qu'une figure asymptotique, de laquelle celle de la terre se rapproche, mais qu'elle n'atteint qu'imparfaitement, nous ne devons pas être surpris des déviations considérables qu'on observe réellement. Elles sont si réelles, que les résultats déduits de la sure la plus exacte des degrés du méridien, diffèrent l'un de l'autre dans l'aplatissement qu'ils donnent à la terre de presque la moitié de la quantité à déterminer. Lorsque nous comparons les degrés mesurés en France, et dans d'autres contrées de l'Europe, avec ceux qu'on a mesurés au Pérou, nous avons, pour l'aplatissement aux poles, moins de $\frac{1}{300}$ du rayon de la terre. Mais, lorsque nous comparons les degrés mesurés en France,

sont trouvés remplis de coquilles et de dépouilles marines; et de la violence, qui a

---

avec ceux qu'on a mesurés dernièrement en Angleterre, nous trouvons qu'ils sont mieux représentés par un sphéroïde, dont l'aplatissement est $\frac{1}{150}$ de la moitié de son axe (*). On peut croire, cependant, que les méridiens ne sont pas elliptiques; et d'autres observations montrent qu'ils ne sont pas même semblables les uns aux autres, ou que la terre n'est pas strictement un solide de révolution; de même aussi la comparaison des degrés mesurés au cap de Bonne-Espérance avec les degrés mesurés au côté opposé de l'équateur, fait soupçonner que les hémisphères septentrionaux et méridionaux ne sont pas parfaitement semblables, et que la terre n'est pas également comprimée aux pôles Arctique et Antarctique. Ces irrégularités, qui ne détruisent pas le fait général de l'aplatissement de la terre aux pôles, montrent que la vraie figure *staticale* n'est qu'imparfaite; et, quoiqu'on puisse rendre raison de ces différences, sans avoir recours aux principes renfermés dans notre théorie, ce n'est cependant que d'une manière peu satisfaisante et à force de suppositions, qui ne s'accordent nullement avec la fluidité attribuée ou à toute la masse, ou à la croûte extérieure de la terre.

271. Comme ces principes expliquent comment un corps solide peut approcher de la figure qu'un fluide doit avoir pour conserver toutes ses parties en équilibre; et, puisque la figure oblongue appartient à toute autre planète aussi bien qu'à la terre, et la sphéroïdale à tous les grands corps de l'univers, cela indique une analogie qui se répand sur toute l'économie de la nature, et qui passe beaucoup les limites qui circonscrivent ordinairement les recherches du minéralogiste.

272. Dans l'irrégularité de figure des corps planétaires on peut voir la preuve de l'universalité du système

(*) Exposition du système du monde, par Delaplace, pag. 61, 2e édit.

causé leur élévation, sont venues ces contorsions et cette position inclinée qu'ils affectent souvent (*).

---

de dégradation et de réconsolidation que nous avons tâché d'exposer dans l'histoire naturelle de la terre. Nous en avons une autre preuve en considérant que, pour chaque masse de matière donnée, ayant une période donnée de rotation, il y a deux sphéroïdes différens qui répondent aux conditions nécessaires pour l'équilibre de ses parties, l'un qui approche de la sphère, et l'autre qui s'en éloigne beaucoup, et qui est assez aplati pour prendre la forme lenticulaire. Ainsi, en supposant la terre homogène, elle peut conserver son équilibre, soit par la figure qu'elle a actuellement, ou par celle dans laquelle le diamètre polaire seroit au diamètre équatorial, comme 1 est à 768. La même chose est vraie pour les autres planètes; et jusqu'à présent nous n'avons pas trouvé que la nature ait employé ce sphéroïde très-allongé. La raison est sans doute que, dans cette espèce de sphéroïde, l'équilibre, entre la force centrifuge et la force centripète, est de nature à ne plus se rétablir, une fois dérangée; les parties détachées, et déplacées par manque de cohésion, se fuiroient toutes l'une l'autre. Dans un pareil corps, la dégradation à la surface tendroit à un entier changement, et l'arrangement que nous supposons ici ne seroit plus permanent.

273. Dans le système de Saturne, nous avons une grande déviation, qui néanmoins a conduit à une confirmation très-inattendue de quelques-unes des conclusions que nous avons tirées. Un principe semblable à celui qui forme la base de tous nos raisonnemens, a servi, à un des plus grands philosophes de notre siècle, pour découvrir la révolution de l'anneau de

(*) *De crostacei, et degli altri marini corpi, che si trovano su' monti: di Ant. Lazzaro Moro. Vinezia*, 1740.

Ce

Ce système est imparfait, puisqu'il ne réserve rien pour la consolidation des strata qui, selon lui et les Neptunistes, doit se faire, non par

---

Saturne sur son axe, et même pour déterminer la vélocité de cette révolution, telle que, depuis, les observations l'ont vérifiée. Delaplace, posant comme maxime, que rien dans la nature ne peut exister là où il y a des causes de changement, non balancées ou compensées par d'autres causes (*), conclut que les parties de l'anneau doivent venir de la chute du corps de la planète par quelque autre force que leur simple cohésion de l'une avec l'autre. Si la chose étoit autrement, chaque particule, détachée de l'anneau par un moyen quelconque, descendroit en ligne droite, presque perpendiculaire à la surface de Saturne; et la destruction finale de l'anneau seroit inévitable. La seule force qui pourroit balancer cet effet de gravitation, sembleroit devoir être la force centrifuge, produite par la rotation de l'anneau sur un axe qui passe au travers de son centre, et perpendiculaire à son plan. Delaplace a été jusqu'à chercher quelle vélocité de rotation étoit capable de produire cet effet, et a trouvé qu'il en falloit une de dix heures un quart; ce qui est précisément le temps déterminé depuis, d'après les observations d'Hershel. Si, avec cette rotation, le cercle est un anneau solide créé par la rotation d'une ellipse très-plate vers un point donné dans son axe, coïncidant avec le centre de Saturne, il peut être constitué de manière que l'attraction de Saturne, combinée avec la force centrifuge, puisse produire une force perpendiculaire à sa surface, et faire que les parties détachées restent en repos; que les animaux, par exemple, se promènent sur la surface, et que les fluides soient *in equilibrio*. C'est ainsi que le système de Saturne est préservé contre le laps du temps, comme l'est effectivement celui de la terre elle-même;

(*) Delaplace, *ubi suprà*, pag. 242.

l'action du feu, mais par celle de l'eau. Il ne rend point compte de la minéralisation des coquilles trouvées dans les strata, ni de leur différence avec celles qui sont détachées dans le fond de la mer; et il n'établit aucune distinction entre les substances stratifiées et non stratifiées. Mais, malgré cela, Lazzaro Moro a le mérite d'avoir soupçonné qu'outre la puissance qui a déposé les strata, il en a existé une autre qui les a élevés et bouleversés.

131. D'après cette comparaison, il paroît que la théorie du docteur Hutton est assez distincte, même de celles qui en approchent le plus, pour mériter, dans le sens le plus strict, le nom de *nouvelle* et *d'originale*. En effet, il y a peu d'inventions ou de décou-

---

et les moyens mis en œuvre pour cette conservation, semblent prouver que les armes dont le temps se sert sont, dans les deux cas, la lente destruction et la décomposition des parties solides. Cette lente destruction peut avoir produit la figure qui a résisté le mieux à son action.

274. Ainsi, la théorie de la terre du docteur Hutton se rattache d'elle-même aux recherches de l'astronomie physique. La conclusion à tirer de cette coïncidence tourne à l'avantage des deux sciences. Lorsque deux voyageurs, tels que le minéralogiste et l'astronome, partis de points si éloignés, et par des chemins si différens, se rencontrent au terme de leur voyage, et s'accordent, dans leurs rapports, sur les contrées qu'ils ont parcourues, c'est une forte présomption qu'ils ont suivi de bonnes routes, et qu'ils sont dans une relation parfaite sur tout ce qu'ils viennent de voir.

vertes citées dans l'histoire des sciences, qui, avant d'être entièrement développées, n'aient été précédées par quelques essais semblables. Celle-ci a donc bien mérité d'être distinguée par un nom particulier; et si nous étions forcés de suivre l'analogie observée dans les noms des deux grands systèmes qui divisent aujourd'hui les opinions des géologues, nous nous réunirions à M. Kirwan pour appeler notre théorie le *système plutonique :* quant à moi, je préfère la caractériser par un nom moins brillant, mais plus juste, celui de *théorie Huttonienne.*

132. Le circonstance qui donne à cette théorie son caractère particulier, et qui l'élève au-dessus de toutes les autres, c'est l'introduction du principe de pression, qui modifie les effets de la chaleur appliquée au fond de la mer. Ceci est en effet la clef de la grande énigme du règne minéral, où, tandis qu'une suite de phénomènes indiquent l'action du feu, une autre, également remarquable, semble exclure la possibilité de cette action, en nous présentant des substances minérales qu'aucune opération du feu n'a jamais pu produire à la surface de la terre. Ces deux classes de phénomènes ne se contredisent pas, en admettant le pouvoir de la compression qui retient les parties volatiles des corps, lorsque l'action de la chaleur leur est appliquée, et les force, dans beaucoup de circonstances, à subir la fusion, au lieu d'être calcinées ou volatilisées par la combustion et

l'inflammation. Cette hypothèse, que plusieurs personnes affectent de regarder comme un principe gratuit, ne me paroît rien autre chose qu'une belle et juste généralisation des propriétés de la chaleur. La combustion et l'inflammation sont des procédés chimiques qui, outre la présence d'une température élevée, exigent encore d'autres conditions. La situation des régions minérales fait raisonnablement supposer que ces conditions n'existent pas dans les entrailles de la terre, où, en conséquence, nous ne pouvons voir que l'expansion et la fusion, seules opérations qui semblent essentielles à la chaleur, et inséparables de son action, dans certains degrés, et sur de certaines substances. Quoique ce principe ne soit pas appuyé par l'analogie, l'admirable simplicité et l'unité qu'il introduit dans les phénomènes de géologie, justifient suffisamment son application à la théorie de la terre.

Il me sera peut-être permis de remarquer, comme une autre supériorité de cette théorie, qu'elle étend ses conséquences beaucoup plus loin que l'auteur lui-même n'y a songé; et qu'elle donne une explication satisfaisante de la figure sphéroïdale de la terre, ce qu'aucune théorie géologique n'avoit fait jusqu'à présent.

133. Malgré toutes ces circonstances d'originalité, de grandeur et de simplicité, qui parlent en faveur de cette théorie; malgré son évidence, qui est aussi démontrée que le

sujet peut le permettre, elle aura bien des obstacles à surmonter probablement, avant d'obtenir l'approbation générale. L'immensité des objets qui sont devant nous effraye l'imagination : les puissances qu'on suppose résider dans les régions souterraines ; une chaleur qui a soumis les roches les plus réfractaires, et qui a fondu les lits de marbre et de quartz ; une force expansive qui a courbé, brisé les strata, ou enlevé tous les continens du sein de l'Océan ; toutes ces choses sont autant de phénomènes, quoique bien prouvés, avec lesquels l'esprit ne se familiarise point promptement. Le changement et le mouvement que cette théorie donne à ce que tous les sens jugent inaltérable, élèvent contre elle les mêmes préjugés qui s'opposoient autrefois au vrai système du monde : ce qui prouve combien peu ces sortes de préjugés varient, c'est que, comme l'astronome *Aristarque*, ancien partisan de ce système, a été accusé d'impiété pour avoir dérangé l'éternelle *Vesta* de sa place, de même, et pour la même raison, le docteur Hutton a été victime d'une semblable accusation. La durée du temps même que cette théorie juge nécessaire aux révolutions du globe est regardée comme appartenant au merveilleux ; et l'homme, qui se trouve borné lui-même par le temps et l'espace dans presque toutes ses entreprises, oublie qu'ici, sur-tout, la nature ne connoît point de limites dans ses ressources (*).

(*) Introduction.

L'évidence qui doit combattre toutes ces causes d'incrédulité ne peut être bien saisie sans beaucoup d'étude et d'attention. Elle exige non seulement un examen sérieux des faits particuliers, mais une vue générale de tous les phénomènes de géologie ; la comparaison de choses très-éloignées l'une de l'autre ; l'interprétation de ce qui est *obscur* par ce qui est *palpable*, et de ce qui est *douteux* par des apparences *décisives*. Le géologue ne doit pas se contenter de l'observation des échantillons isolés de son cabinet, ou s'amuser des petites subtilités d'une classification minéralogique ; il faut qu'il étudie les relations des fossiles comme ils existent aujourd'hui ; qu'il suive la nature jusque dans ses réduits les plus sauvages et les plus inaccessibles ; qu'il choisisse, pour lieux de ses observations, les points d'où ses grands travaux peuvent être observés de la manière la plus étendue et la plus exacte. Sans ce coup d'œil sûr, et qui comprend tout, son esprit sera difficilement disposé à s'occuper de la vraie théorie de la terre. « *Naturae enim vis atque majestas omnibus momentis fide caret, si quis modo partes atque non totam complectatur animo.* » (*a*)

134. Si, en effet, cette théorie de la terre

(*a*) Plin. Hist. Nat. Lib. 7, cap. 1. « Car la puissance et la grandeur de la nature sont toujours inexplicables pour celui qui n'en embrasse que quelques parties et non tout l'ensemble. »

(*Note du Traducteur.*)

est aussi bien fondée que nous le supposons, le temps doit détruire toutes les objections qu'on lui fait, et les progrès de la science développer son évidence de plus en plus. Telle qu'elle est maintenant, quoique vraie, elle renferme des imperfections; et, sans doute, les grands principes, sur lesquels elle repose comme sur une base immuable, doivent éprouver des modifications, être restreints pour un objet, et étendus pour un autre. Un ouvrage d'une telle variété et d'une si grande étendue, ne peut être mené à son dernier degré de perfection par les efforts d'un seul individu. Il faut des siècles pour remplir l'esquisse hardie que le docteur Hutton a tracée de main de maître; pour mieux détacher les parties de la masse générale; pour ajuster la forme et la position des membres subordonnés; et pour donner au tout la proportion exacte et le vrai coloris de la nature.

C'est ce qu'on doit attendre, avec le temps, de l'avancement de la science, et des secours mutuels que se prêtent toutes les connoissances, en apparence les plus éloignées les unes des autres. Non seulement l'énumération des faits géologiques peut être complettée par les observations encore douteuses des minéralogistes, et par les expériences des chimistes sur des substances non encore analysées, qui nous feroient mieux connoître la nature des fossiles, et la mesure du pouvoir de ces agens chimiques auxquels cette théorie attribue de si grands effets : mais encore, nous pouvons recevoir beaucoup d'instructions des autres

sciences qui ont une connexion moins directe avec l'histoire naturelle de la terre. Les cartes exactes de géographie, la topographie, les travaux de la sonde, les observations sur les courans, et les mesures barométriques, peuvent concourir à fixer la réalité et la quantité de ces changemens auxquels les corps terrestres sont continuellement soumis. Chaque pas que fait la science procure un moyen de plus de tracer plus exactement le tableau de la nature, comme il existe *aujourd'hui*, et de transmettre aux siècles à venir un aperçu qu'on pourra comparer avec celui qui existera *alors*. Si donc la science actuelle est destinée à survivre aux révolutions physiques du globe, la *Théorie Huttonienne* pourra être confirmée par des monumens historiques, et son auteur compté parmi le petit nombre d'hommes illustres dont les systèmes seront vérifiés par les observations de la postérité, appuyés par des faits qui lui seroient inconnus, et enfin établis par les décisions d'un tribunal lent, mais infaillible, et qui sait distinguer la vérité de l'erreur (*a*).

(*a*) L'ouvrage que je traduis a été imprimé à Edimbourg, pour la première fois, en 1802. Et je demande si, depuis 15 ans, la prédiction de l'auteur est accomplie?

(*Note du Traducteur.*)

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

EXAMEN COMPARATIF

DES DEUX

SYSTÈMES GÉOLOGIQUES,

PAR M. MURRAY;

EN RÉPONSE

A L'EXPLICATION DE PLAYFAIR
SUR LA THÉORIE DE HUTTON.

DEUXIÈME PARTIE.

PRÉFACE DE L'AUTEUR.

La réponse qu'on va lire est due à l'*explication de la Théorie Huttonienne*, publiée par le professeur Playfair. Dans cette explication, la théorie est habilement appuyée; ses principes sont placés dans un point de vue si avantageux, les argumens qui paroissent la favoriser sont si forts, les objections sont présentées avec tant d'adresse, et prévues souvent avec tant de succès, que tout cela réuni a donné à la discussion sur ce sujet de l'intérêt et une forme nouvelle. Quelles que soient la nouveauté et l'ingénuité de la doctrine de Hutton, l'auteur du présent Traité la regarde comme chimérique et contradictoire aux phénomènes de géologie. Le sentiment que chacun éprouve en faveur des opinions qu'il croit justes, l'a engagé à répliquer à la défense d'une théorie, assez habilement calculée pour emporter avec elle l'impression favorable d'un système général. Aussi,

quoiqu'en opposition avec les géologues Huttoniens, le critique a eu grand soin de se garantir de cet esprit de parti qui caractérise trop souvent les ouvrages de controverse : il a tâché d'établir les argumens avec impartialité, et de baser la théorie qu'il soutient sur son mérite intrinsèque.

Il faut convenir qu'il y a peu de questions plus propres à exciter la curiosité du philosophe, et plus attrayantes que celle-ci, d'après la grandeur et la nouveauté des objets qu'elle présente à notre esprit. On ne peut pas dire non plus qu'il n'en résultera rien autre chose que la satisfaction d'une vaine recherche. C'est une maxime trop bien confirmée par l'histoire de la science, et qui n'a besoin ni de preuves ni d'exemples, qu'il est impossible de prévoir les conséquences qui peuvent résulter des découvertes physiques, et que tout ce qui doit ajouter quelque chose à nos connoissances sur la nature, ne peut jamais être regardé comme inutile. Si on parvenoit à créer une théorie parfaite de la terre, elle seroit suivie d'applications de la plus haute

importance ; et une série de discussions théorétiques tend aussi bien vers ce but, que l'accumulation des faits. Les systèmes, dit un géologue, sont dans les sciences ce que les passions sont dans l'esprit humain : ils peuvent être la source de grandes erreurs, mais ils sont aussi la cause de grands efforts. Soit pour les défendre, soit pour les condamner, il faut observer avec exactitude, comparer et généraliser ; des objets frivoles en apparence acquièrent de l'intérêt ; ils donnent des aperçus qui mènent souvent à des acquisitions réelles ; les faits qui seroient restés isolés prennent de l'arrangement ; et des relations qui n'avoient pas été observées sont enfin tracées.

Edimbourg, 8 *Décembre* 1802.

[redacted]

TABLE

DES CHAPITRES DE LA DEUXIÈME PARTIE.

Fin de la Table des Chapitres de la deuxième Partie.

EXAMEN COMPARATIF

DES DEUX

SYSTÈMES GÉOLOGIQUES.

INTRODUCTION.

L'OBJET de la géologie consiste dans le développement de la structure du globe, dans les recherches qui tendent à découvrir les causes qui ont arrangé ses parties, dans la connoissance des opérations qui ont formé la stratification générale de ses matières, les inégalités qui diversifient sa surface, et le nombre immense des substances qui le composent.

Quelques personnes ont regardé comme inutile ce genre d'étude, dans la supposition qu'il est impossible d'en atteindre l'objet. Nous ne connoissons pas l'histoire des révolutions du globe, mais nous trouvons par-tout des indications de leur grandeur et de leur antiquité. Nous avons les preuves les plus fortes que toute sa surface a été couverte par l'Océan, et que chacune de ses parties a subi un changement : les montagnes se sont élevées, les plaines se sont abaissées, des îles se sont séparées des continens, et les eaux se sont réunies pour quitter un sol élevé (*a*). Il est bien difficile, sans doute, de concevoir les causes

(*a*) Ocellus Lucanus, philosophe grec, de l'école de Pythagore, avoit vécu long-temps avant Platon, qui le regardoit comme un écrivain très-excellent, et son livre *de la Nature de*

[redacted]

qui ont pu produire de pareils effets; et des opérations aussi immenses semblent trop au dessus des ressources

---

l'Univers, comme un ouvrage précieux. Ocellus avoit fait les mêmes remarques sur notre globe, et il dit, vers la fin de son 3e chap. :

« On objecte qu'il arrive des destructions et des changemens dans les parties de la terre, la mer prenant quelquefois son cours dans un autre lit, la terre elle-même étant tantôt élargie, et tantôt séparée par les vents et par les eaux qui la minent. . . .

» On dit que l'histoire grecque commence à Inachus, Argien: on doit regarder cela, non comme un premier commencement, mais comme un changement arrivé dans la Grèce, qui souvent a été barbare, et qui le sera encore. Ses habitans ont changé, non seulement par des révolutions humaines, mais par les effets de la nature, qui à la vérité n'est jamais ni plus puissante, ni plus foible, mais qui est toujours plus nouvelle, et prend un commencement par rapport à nous, etc. » (*Trad. du marquis d'Argens.*):

Ovide dit, liv. 15e de ses métamorphoses :

« *Vidi ego quod fuerat quondam solidissima tellus.*
Esse fretum : vidi factas ex æquore terras.
Et procul a pelago conchæ jacuere marinæ,
Et vetus inventa est in montibus anchora summis.
Quodque fuit campus, vallem decursus aquarum
Fecit : et eluvie mons est deductus in æquor.
E que paludosa siccis humus aret arenis :
Quæque sitim tulerant, stagnata paludibus hument.
Hic fontes natura novos emisit, et illic
Clausit, et antiquis tam multa tremoribus orbis
Flumina prosiliunt, aut exsiccata residunt. »

» J'ai vu des campagnes changées en mer, et des mers changées en campagnes; il y a des endroits éloignés de la mer, où il reste des coquilles, et l'on a trouvé sur des montagnes de vieilles ancres de vaisseaux. Les ravines d'eau font des vallons au milieu des plaines, et il y a eu des montagnes transportées dans la mer par des torrens impétueux. On voit du sablon tout sec en des endroits qui ont été marécageux, et il y a maintenant des marais qui se sont formés dans des sablonnières. La nature produit dans quelques endroits des fontaines nouvelles, et dans d'autres elle tarit des sources. Plusieurs fleuves ont pris naissance, et sont sortis des ruines des villes renversées par des tremblemens de terre, et plusieurs s'y sont desséchés. » (*Traduction du marquis d'Argens.*)

(*Note du Traducteur.*)

de notre intelligence pour que nous puissions en hasarder l'explication.

La réponse qu'on peut donner aux observations de ce genre est satisfaisante. Quel que soit le sujet que l'on traite, lorsque les moyens de preuves qui doivent servir à mettre en avant une proposition, ne sont qu'imparfaitement connus; et lorsque la proposition elle-même est éloignée des objets les plus familiers de l'observation et des recherches, on regarde toujours comme impraticable toute mesure propre à la mettre en évidence, et la tentative est regardée comme chimérique, jusqu'à ce qu'enfin elle soit couronnée par le succès. Celui qui ne connoît pas les faits de la géologie et la certitude qu'ils portent avec eux, peut bien se trouver disposé à rire de pareilles prétentions, et se méfier des conclusions qu'on en tire; mais une connoissance plus intime du sujet en question, ou même des notions légères sur les progrès de la science, doivent nous engager à rejeter des vues aussi étroites. On a complètement résolu certaines questions qui d'abord n'avoient que l'apparence d'une simple recherche, et l'homme qui a pesé les planètes et mesuré leurs distances, doit espérer de tracer aussi les opérations qui ont donné à la surface du globe son arrangement actuel (*a*).

En approchant de plus en plus de ce qui nous paroît de loin si difficile à atteindre, nous trouvons que la route que nous avons à suivre est toute tracée,

---

(*a*) De ce que l'*homme a pesé les planètes, et mesuré leurs distances*. peut-on conclure qu'il pénétrera bien avant dans la science géologique?

Notre planète a, sans doute, des rapports et des relations nécessaires avec les autres; leur influence réciproque est dans une perpétuelle activité; et il est certain que les connoissances astronomiques doivent aider celles de la géologie, comme celles de la géologie établissent des analogies favorables aux découvertes

et que nos recherches sont dirigées par des faits qui ne tirent pas leur force de la théorie, mais qui sont basés sur la plus claire évidence. Il est prouvé que toute la surface du globe a été autrefois dans un état

---

astronomiques. Aussi nous avons eu, dans les temps les plus anciens, des astronomes et des systèmes plus ou moins raisonnables, mais nous n'avons eu, et nous n'avons encore que peu ou point de véritables géologues. A proprement parler, l'astronomie peut être regardée comme la science la plus ancienne, tandis que la géologie est une science moderne.

On pourroit se demander pourquoi, depuis l'enfance de ce monde connu par l'histoire, l'homme a toujours eu plus de penchant pour aller faire, hors de la terre, des découvertes pénibles et incertaines, et pourquoi il n'a pas borné les efforts de son intelligence à la connoissance parfaite des objets qui sont près de lui, et qui lui offrent d'eux-mêmes les moyens de les approfondir? Depuis les Chaldéens et les Egyptiens, les savans, les curieux, les esprits forts, ont levé la tête, et transporté leur imagination vers tous les globes qui se jouent autour du nôtre: et il n'y a pas long-temps qu'on croyoit encore la terre plate; c'est dans le dix-septième siècle que Galilée fut jugé coupable d'irréligion, et fut jeté dans une prison, pour s'être un peu occupé de la terre, et avoir prouvé que c'étoit elle qui tournoit autour du soleil.

C'est peut-être aussi ce qui a fait dire à Pascal, de son temps, *Pensées*, *art.* 1er, *édit. de Renouard.* « Le malheur du siècle est tel, qu'on voit beaucoup d'opinions nouvelles en théologie, inconnues à toute l'antiquité, soutenues avec obstination, et reçues avec applaudissement; au lieu que celles qu'on produit dans la physique, quoiqu'en petit nombre, semblent devoir être convaincues de fausseté, dès qu'elles choquent tant soit peu les opinions reçues. »

On pourroit se demander pourquoi l'homme, dont la vie est si courte, qui a tant de choses à observer sous ses pieds, dans tous les arts utiles tant d'obstacles à surmonter, dans celui de la navigation tant de points de perfection à acquérir, avant qu'il se soit rendu maître d'un élément que son génie a tenté de surprendre à la nature; on pourroit, dis-je, se demander pourquoi il s'est hardiment élancé dans les airs, par des moyens imparfaits, et sans point d'appui? Il semble que, connoissant trop bien la terre, ou que, la voyant de trop près pour la bien connoître, il ait eu besoin de se fonder un observatoire entre elle et les astres qui l'entourent: et cela, sans autre soutien que son courage, quelques cordes, des bandes de taffetas et une

fluide, et que de cet état est résulté l'arrangement actuel. Il est certain que cette fluidité a dû être l'effet ou du feu ou d'un dissolvant quelconque. Dans le cours de ce Traité, nous nous bornerons donc à

---

petite portion de gaz; sans autre fruit pour la science que de simples observations sur le plus ou le moins de densité de l'air atmosphérique: enfin, sans autre gloire pour le navigateur aérien, que celle d'avoir plané à la discrétion du vent, dans la région des aigles.

Je suis bien loin de me croire capable de résoudre ces questions; mais, pour revenir à l'astronomie, ne peut-on pas soupçonner que l'antiquité de cette science peut être attribuée aux principes religieux avec lesquels elle a été d'abord étroitement liée. L'astronomie, devenue ensuite astrologie, n'a-t-elle pas porté naturellement les hommes à tâcher de connoître les objets ou de leur adoration, ou de leur frayeur, ou de leur curiosité? Ainsi la terre sur laquelle ils s'appuyoient pour faire dans le ciel leurs observations, la terre qu'ils touchoient, qu'ils voyoient, et dont ils avoient l'absolue propriété, ne piquoit nullement leur curiosité. D'ailleurs, afin d'observer et plus vite et plus sûrement, on a mis tous les arts à contribution pour inventer des instrumens propres à rapprocher les objets, et à suppléer à la foiblesse de la vue. Il n'y a point d'obstacles entre le télescope de l'astronome et l'objet qu'il examine; de plus, son but est à peu près rempli, quand il en a calculé la marche, le mouvement et la masse. Le géologue, au contraire, ne rencontre sur la route qu'obstacles, contradictions, embarras : il veut et doit connoître non seulement la surface de la terre, mais encore sa structure intérieure, et les causes qui en ont produit les arrangemens et les substances variées à l'infini. L'observation est son seul instrument; encore est-il obligé, pour se guider, d'emprunter les secours de l'astronomie, de la physique, de la chimie, de l'anatomie comparée, de la minéralogie, de l'art d'exploiter les mines, de la géographie, de la topographie, de la botanique, de la physiologie, etc. Faisons des vœux pour que toutes les sciences exactes, physiques et naturelles, concourent toutes ensemble pour arriver enfin à une théorie de la terre qu'on pourra appeler la dernière, parce qu'elle sera jugée être la meilleure; mais ne concluons pas, comme notre auteur, que de ce que l'homme a frayé, pour son imagination, des routes à peu près sûres dans notre système planétaire, il pourra également s'enfoncer dans les entrailles de la terre, pour y voir clairement les époques, les causes et les effets des révolutions qu'elle a éprouvées.

(*Note du Traducteur.*)

tâcher de découvrir la cause de cet effet, et avec les faits qui appartiennent visiblement à cette découverte, nous ne désespérons pas de résoudre le problême. Les effets de la fusion et de la dissolution sont en général si différens, ou au moins les particularités de leur action sont si bien marquées, qu'après avoir bien examiné les propriétés des minéraux, la structure et la position des grandes masses du globe, nous espérons connoître à laquelle des deux opérations appartiennent l'origine et l'arrangement du tout; cette découverte une fois faite, les travaux des géologues se trouvent bornés à la marche de l'agent qui a produit les phénomènes observés. Leurs explications pourront d'abord n'être pas très-parfaites, ni leurs inductions correctes; mais toujours est-il vrai de dire que toutes ces tentatives contribueront aux progrès réels de la science, et pourront à la fin offrir une théorie complette.

Le fait qui a été posé comme la base de toutes connoissances géologiques, que la surface du globe a été dans un état fluide, est fondé sur l'évidence la plus palpable. Dans la majeure partie des strata, dans les plus élevés, aussi bien que dans ceux qui sont le plus enfoncés dans la terre, on trouve les substances dans l'état de cristallisation, et même beaucoup de ces strata en ont des marques dans toute leur structure. La cristallisation est l'arrangement des particules d'un corps dans une forme régulière et déterminée ; et elle suppose nécessairement un état de fluidité qui a permis à ces particules de s'arranger dans des positions susceptibles de produire ces formes. Beaucoup de strata les plus durs contiennent, dans leurs substances, des restes et des impressions d'animaux et de végétaux; et il est clair, que pour que ces restes aient pu s'introduire dans les substances en question, il faut qu'elles aient été autrefois, sinon dans un état parfait de fluidité, au moins dans un

état de mollesse. Enfin, la disposition générale des matières du globe, autant qu'on l'a pu observer, a dû venir de la fluidité qui seule a pu les arranger en lits, ou en strata parallèles les uns aux autres, et en conservant le parallélisme jusqu'à une grande étendue. Ces apparences ne sont pas partielles; elles s'étendent sur toute la surface de la terre, et prouvent indubitablement son ancienne fluidité.

Il est clair que cette fluidité n'a pu s'effectuer que de deux manières : ou la matière solide a été mise en fusion par l'action de la chaleur, ou elle a été dissoute dans un fluide. Ceci s'accorde parfaitement avec les premiers principes des différentes théories de la terre. Quelques auteurs ont supposé que la surface du globe avait été amollie par l'opération du feu; d'autres ont attribué sa fluidité à une solution; et comme il n'existe pas un fluide assez abondant, excepté l'eau, pour jouer le rôle de dissolvant, sur une quantité de matières aussi immense, on a adopté *la solution aqueuse* comme cause de la fluidité primitive des minéraux, en opposition à *la fusion ignée*.

Ces systèmes opposés ont été distingués par les noms singuliers de Vulcanique et de Neptunien. Il est inutile de s'appesantir sur les différentes nuances qui les modifient. Ceux qui regardent la fusion comme cause de la formation des minéraux, admettront, sans doute, la supériorité du docteur Hutton, pour l'étendue et la connexion de ses principes, et pour la facilité avec laquelle ils expliquent ces phénomènes. Il sera donc suffisant de comparer la théorie Huttonienne avec le système moderne des Neptunistes.

FIN DE L'INTRODUCTION.

CHAPITRE PREMIER.

Exposé des Théories Huttonienne et Neptunienne.

LE système que le docteur Hutton a donné sur la formation des strata du globe, est fait pour maîtriser l'imagination par sa grandeur, et par les apparences du dessein régulier qu'il expose. Il offre une série de changemens, tous se suivant les uns et les autres, liés entre eux, et si bien adaptés, qu'ils semblent devoir continuer pendant un temps indéterminé. Son point de perfection le plus saillant est en ce que, « il attribue aux phénomènes de géologie un » ordre semblable à celui qui existe dans les opéra- » tions de la nature qui nous sont les plus familières; » qu'il produit les mers et les continens non par acci- » dent, mais par l'action de causes régulières et » uniformes; qu'il fait servir la destruction d'une » partie au rétablissement d'une autre; et qu'il donne » de la stabilité au tout, non en perpétuant les indi- » vidus, mais en les reproduisant par succession (*).»

Le docteur Hutton conçoit que dans ce globe il y a un système de destruction et de renouvellement, et que l'une et l'autre sont l'effet de procédés qui ont entre eux une relation uniforme. La matière solide de la terre est composée de manière à être continuellement rongée par les pouvoirs qui agissent sur elle. Les rochers les plus durs sont minés par l'air et par l'eau, causes qui, malgré leur lenteur, sont cons-

(*) Explication de la Théorie de Hutton, pag. 390.

tantes dans leur action, et qui en conséquence, dans un temps indéfini, doivent avoir les plus grands effets (*a*). D'après la figure de la surface de la terre,

---

(*a*) J'ai souvent entendu dire que la lune rongeoit les pierres; mais, comme on ne m'a jamais bien démontré les raisons qui pouvoient me faire adopter cette prétendue influence, je n'ai point eu de motifs suffisans pour y croire. D'ailleurs, pourquoi aller chercher dans la lune un instrument de destruction de plus, quand tous les jours nous sommes témoins que le mouvement, l'air et l'eau, se chargent de tout déplacer ici bas, et de tout replacer. C'est au moins le sentiment de Lucrèce; et Lucrèce connoissoit bien la nature :

« *Quin etiam, multis solis redeuntibus annis,*
Annulus in digito subtertenuatur habendo;
Stillicidí casus lapidem cavat; uncus aratri
Ferreus occultè decrescit vomer in arvis;
Strataque jam volgi pedibus detrita viarum
Saxea conspicimus; tum portas propter ahena
Signa manus dextras ostendunt attenuari,
Sæpè salutantûm tactu præterque meantûm :
Hæc igitur minui, cum sint detrita, videmus;
Sed quæ corpora decedant in tempore quoque;
Invida præclusit speciem natura videndi.
Postremo, quæcumque dies naturaque rebus
Paulatim tribuit, moderatim crescere cogens,
Nulla potest oculorum acies contenta tueri;
Nec porrò quæcumque ævo macieque senescunt;
Nec mare quæ impendent vesco sale saxa peresa,
Quid quoque amittant in tempore, cernere possis. »

Lucr. L. 1.

« Après un certain nombre de soleils, l'anneau qui brille à votre doigt s'amincit, les gouttes de la pluie cavent la pierre sous nos toits, le soc de la charrue s'émousse dans le sillon, les pierres dont nos rues sont pavées s'usent sous les pas du peuple, et aux portes de la ville la main droite des statues d'airain diminue sous les baisers continuels de la foule qui entre et qui sort. Nous remarquons, avec le temps, que ces corps ont souffert des pertes; mais des parties qui s'en séparent à tout moment, la nature jalouse nous a interdit la vue. Elle dérobe à nos yeux, et les molécules insensibles qui font croître lentement les corps, et les parties subtiles que leur ôte la vieillesse, et les atômes imperceptibles que le sel rongeur de la mer enlève à ces rochers orgueilleux qui menacent son onde. » (*Trad. de Lagrange.*)

(*Note du Traducteur.*)

les débris des matières doivent être portés dans l'Océan, et déposés enfin dans son lit. Quoique des circonstances locales mettent quelques obstacles à ce transport, qui en général est lent, cependant il a lieu à cause de la pente de la terre, et doit être admis comme une cause active et uniforme.

On soutient, en outre, qu'à une grande profondeur dans les régions minérales, il existe toujours une chaleur immense, et que cette chaleur met en fusion et consolide les substances déposées dans ces régions. C'est à l'action de ce feu souterrain qu'on attribue la formation de tous nos strata; ils sont composés des débris de l'ancien monde, débris que le feu a plus ou moins fondus, et qui se sont consolidés ensuite en refroidissant.

Le docteur Hutton entend que le feu souterrain, auquel il attribue tous ces effets, agit en même temps sous l'influence d'une circonstance particulière qui donne un caractère original à son système, et le garantit d'une foule d'objections qui seroient victorieuses contre des hypothèses anciennes et de la même espèce. Cette circonstance est la compression : le feu souterrain étant placé à une profondeur immense, les substances sur lesquelles il opère doivent éprouver une pression énorme. Cette pression s'oppose à la volatilisation du tout ou d'une partie; c'est ainsi qu'il est possible d'expliquer les apparences des minéraux et leurs qualités qui autrement ne s'accorderoient pas avec la supposition de leur formation par le feu.

La dernière partie de la doctrine de Hutton est celle qui regarde l'élévation des strata, effet également attribué à la chaleur souterraine. Son pouvoir expansif a dû développer toute sa force; et on en conclut qu'il a été la cause de l'élévation de ces strata, parce qu'on ne peut en assigner une autre capable de produire un pareil effet.

Telle est l'esquisse générale de la théorie de Hutton. Elle n'est point un essai fait pour expliquer la première formation du globe, et elle ne repose pas sur la supposition que l'état présent est son état primitif. Cette théorie est basée sur le principe que, d'après des lois établies, ou d'après des changemens nécessaires, il existe des opérations toujours en activité, par lesquelles la portion de matière solide élevée à la surface est détruite, et par lesquelles le *detritus* est employé à former de nouveaux strata, qui à leur tour s'élèveront encore. Notre monde est formé des débris d'un monde qui l'a précédé, et qui donne maintenant les matériaux pour un autre monde; et cette opération naturelle n'est nullement bornée par le temps: d'un côté nous ne trouvons dans le système lui-même aucun vestige de commencement; de l'autre aucun point pour une fin (*a*).

(*a*) Il semble, en effet, que le docteur Hutton, sans décider en maître sur l'ordonnance générale de l'univers, et sur sa destinée passée, présente et future, comme le fait le poëte Lucrèce, ait étudié avec lui la nature, et fait les mêmes observations. Lucrèce dit dans son liv. 2 :

« *Nam certi non inter se stipata cohæret*
Materies : quoniam minui rem quamque videmus,
Et quasi longinquo fluere omnia cernimus ævo,
Ex oculisque vetustatem subducere nostris ;
Cum tamen incolumis videatur summa manere ;
Propterea quia, quæ decedunt corpora cunque,
Undè abeunt minuunt, quo venére augmine donant,
Illa senescere, at hæc contra florescere cogunt ;
Nec remorantur ibi ; sic rerum summa novatur
Semper, et inter se mortales mutua vivunt ;
Augescunt aliæ gentes, aliæ minuuntur ;
Inque brevi spatio mutantur sæcla animantûm,
Et, quasi cursores, vitaï lampada tradunt. »

» Ne croyez pas en effet que la matière forme une masse immobile : nous voyons tous les corps diminuer, et leurs émanations continuelles les épuisent à la longue, jusqu'à ce que le

Cette théorie explique les apparences que présentent nos strata dans leur structure et dans leur position. Sous le rapport de la structure, nous trouvons une variété considérable; quelques-uns, ceux de granite, sont sur-tout composés de substances cristallisées qu'on suppose avoir été complètement mises en fusion; d'autres, comme ceux de pierres, de sable ou ceux de craie, sont d'une texture hétérogène et très-imparfaitement consolidés; ceux-ci sont supposés n'avoir été seulement qu'amollis; et entre eux il existe une infinité de degrés intermédiaires. Sous le rapport de la position, quelques-uns sont horizontaux, d'autres inclinés, d'autres verticaux, ou irréguliers ou escarpés; et ces apparences sont dues à l'opération de l'agent qui a produit l'élévation des strata. Dans leur première formation au fond de l'Océan, leur arrangement a dû être horizontal; mais dans leur élévation, effet du pouvoir expansif qui a agi par dessous, leur continuité a dû être rompue, et chaque variété de position produite.

La *théorie Neptunienne*, ou celle qui suppose aux strata de la terre une origine aqueuse, est moins brillante dans ses prétentions que le système que nous venons de tracer. D'après les apparences que les fossiles présentent, on conclut qu'ils n'ont pu

---

temps les dérobe à nos yeux. Cependant la masse générale ne souffre point de ces pertes particulières : les élémens, en appauvrissant une partie, vont en enrichir une autre, et ne laissent d'un côté les rides de la décrépitude que pour porter ailleurs la fraicheur du jeune âge. Ainsi, leur inconstance ne peut jamais se fixer; l'univers se renouvelle tous les jours: les mortels se prêtent la vie pour un moment: on voit des espèces se multiplier, d'autres s'épuiser: un court intervalle change les générations; et, comme aux courses des jeux sacrés, nous nous passons de main en main le flambeau de la vie. » (*Trad. de Lagrange.*)

(*Note du Traducteur.*)

être formés par la fusion; et, comme la solution est le seul autre mode concevable qui ait pu produire la fluidité ou le ramollissement, on suppose que c'est là l'agent qui a consolidé la matière de la surface du globe. Dans l'état actuel de nos connoissances géologiques, il est peut-être préférable de s'arrêter à cette conclusion, puisqu'elle va aussi loin que l'observation peut nous guider. Pénétrer plus avant, c'est errer dans le pays des hypothèses et des chimères; et, quoique l'opinion ainsi formée ne s'annonce pas avec l'extérieur d'un système, elle semble avoir plus de caractères évidens de la vérité.

Cependant une induction aussi stricte n'est pas faite pour satisfaire le théoriste dans ses recherches. Il est peut-être nécessaire de completter le système, non pas seulement pour s'en tenir à l'assertion qui prouve que les minéraux ont été formés par la solution, mais encore pour essayer de montrer comment se sont opérées et la solution et la consolidation qui l'a suivie. Dans la discussion actuelle, la justice au moins qu'il faut rendre au docteur Hutton, c'est qu'il place l'une et l'autre sur le même fondement.

Il est bon d'observer néanmoins, en montrant ce qui fait la nuance du système Neptunien, qui est généralement reçu, que Werner son auteur ne s'est point abandonné aux ressources de l'hypothèse, mais qu'il s'est approché d'une induction de faits aussi près que le sujet l'a permis. D'après la position et la connexion des strata, il se croit fondé à conclure qu'ils ont été formés par l'eau. D'après leurs situations relatives, il est évident que quelques-uns sont antérieurs aux autres, et il fait tous ses efforts pour tracer et généraliser cette antériorité de formation. Enfin, d'après leur structure, il paroît que quelques-uns ont été des dépôts chimiques, d'autres des dépôts mécaniques, distinction, par conséquent, qui doit faire partie du système.

Le premier principe de la théorie de Werner est donc que les matières qui composent nos strata ont été, à une certaine période, dissoutes et suspendues dans l'eau, et qu'après la fluidité elles se sont successivement consolidées en combinaisons variées, partie par la cristallisation, partie par une déposition mécanique. Le granite, étant la roche qui compose les points les plus élevés du globe, et qui de même forme la base du plus grand nombre des strata, est supposé avoir été formé d'abord; les différentes parties de sa masse, le feld-spath, le quartz et le mica sont devenus concrets par une cristallisation presque spontanée. Au même moment, ou successivement, s'est faite, dans les autres strata primitifs, la consolidation du gneiss, du schiste micacé, du schiste argileux, du porphyre, du quartz, etc.

Ces roches composent les principales élévations du globe. Jamais on n'y trouve de résidus organiques, et par conséquent leur formation a dû précéder l'existence des règnes végétal et animal.

Après la formation de ces strata, on suppose que l'eau, recouvrant la surface, a commencé à diminuer en hauteur, en se retirant graduellement dans les cavités intérieures de la terre. Pendant ce temps, ont continué d'autres précipitations, chimiques pour la plupart, et quelques-unes seulement mécaniques. Voilà ce que Werner appelle *strata intermédiaires*, ou strata de transition, dans lesquels on rencontre sur-tout les variétés de pierres calcaires, de schistes et de trapp; ils sont posés sur les strata primaires, et contiennent des pétrifications, mais rarement; ce qui prouve que l'organisation, ou au moins l'existence des animaux marins, a commencé avec leur formation.

La diminution de l'eau a continué, et, par l'action mécanique de sa masse sur les strata formés, elle a occasionné sur eux une désintégration partielle. Les

matières de cette désintégration avec le reste de celles qui avoient été dissoutes originellement, ont produit, par leur précipitation et leur consolidation, ce que l'on nomme les strata secondaires, ou roches stratifiées, comme la pierre de sable et de chaux, le gypse, le *puddingstone*, quelques variétés de trapp et d'autres. Ceux-ci sont d'une élévation très-inférieure à celle des premiers. Par la force de la déposition mécanique, ils sont, en général, arrangés en lits horizontaux, et abondent en débris organiques; ce qui prouve que leur formation a été postérieure à l'entier développement des règnes animal et végétal.

La surface du globe est formée de ces différentes couches, en y ajoutant les produits du feu volcanique, les bancs de sable des alluvions, l'argile, la terre végétale, résultats du ravage de l'eau sur les strata qu'elle environne.

Pendant leur consolidation, ces strata ont éprouvé des ruptures qui ont formé les cavités de toutes les dimensions. Là, l'eau s'est retirée avec différentes matières en solution, et a donné naissance aux veines minérales.

Tels sont les systèmes que nous avons à comparer. Nous pouvons adopter, dans l'examen que nous allons en faire, les divisions suivantes : d'abord, nous pouvons nous occuper de la probabilité de leurs principes, et proposer les objections qu'on peut leur faire *à priori*; et ensuite nous examinerons jusqu'à quel point ils ont pu s'appuyer sur la structure et l'arrangement de la surface du globe, et sur les apparences que les minéraux nous offrent aujourd'hui.

CHAPITRE II.

De la probabilité des premiers principes des théories Huttonienne et Neptunienne.

La première série de suppositions qui composent la théorie Huttonienne est, que les strata qui forment la surface du globe, sont, d'après la nature de leur constitution et l'opération constante des agens qui les éprouvent, sujets à la destruction; qu'ainsi rongés et transportés à la mer, ils fournissent des matériaux pour de nouveaux strata qui doivent se former, et ensuite s'élever; et que nos strata actuels ont tiré leur origine du détritus d'un premier monde.

En admettant ces suppositions, il est peut-être moins possible de faire des objections sérieuses aux autres principes du système Huttonien. Cependant, d'après la nature des matières solides qui recouvrent la surface du globe, il semble nécessaire qu'elles soient ravagées par les pouvoirs qui agissent sur elles; et beaucoup de faits cités ont prouvé cette désintégration. Les lits immenses de sable et de gravier qu'on trouve même sur les situations élevées, en sont une preuve évidente, puisque ces substances doivent certainement avoir été formées de la destruction des roches solides, et de la trituration de leurs fragmens.

Cependant on a avancé aussi des faits qui sont en opposition avec ce principe. On a observé que les roches de basalte, et beaucoup d'espèces de granite étoient peu susceptibles de dégradation, comme il est évident d'après le tranchant de leurs angles. Selon le témoignage de l'histoire, nous pouvons assurer que, dans

dans beaucoup d'endroits, cette sorte de roches occupe la même situation qu'elle avoit il y a 2000 ans. On doit regarder néanmoins ces faits particuliers comme des exceptions à la loi générale; ou plutôt ils prouvent que, dans ces roches, la désintégration est extrêmement lente. Il semble presque impossible de nier que cela ait lieu jusqu'à un certain point: et, comme les opérations supposées dans le système Huttonien ne sont pas limitées par le temps, il est inutile de contester le principe.

On a demandé également si les matières détachées, et emportées par les rivières, sont conduites dans les profondeurs de la mer. On a avancé que la majeure partie de ces substances est jetée, par la marée montante, sur le rivage, et qu'elle augmente l'étendue de la terre. Dans plusieurs cas, et par des circonstances locales, cela est d'une exacte vérité; mais le professeur Playfair a prouvé, peut-être d'une manière convaincante, que ces événemens forment exception (*a*), et que, d'après l'inclinaison du rivage, la

---

(*a*) Ces exceptions sont admises par Lucrèce, dans son livre 6. En faisant l'histoire de l'engorgement du Nil, à son embouchure, il semble faire celle du Rhin, qui perd toutes ses eaux dans le sable, au lieu d'aller droit à la mer :

» *Et contra fluvium flantes remorantur, et undas*
Cogentes sursùs replent coguntque manere :
Nam dubio procul hæc adverso flabra feruntur
Flumine, quæ gelidis a stellis axis aguntur.....
Est quoque uti possit magnus congestus arenæ
Fluctibus adversis oppilare ostia contrà,
Cum mare permotum ventis ruit intùs arenam :
Quo fit uti pacto liber minus exitus amni,
Et proclivus item fiat minùs impetus undis. »

» Les aquilons, en soufflant à l'embouchure et contre la direction du fleuve, suspendent son cours, foulent ses ondes, comblent son lit, et forcent le fleuve de s'arrêter. Car on ne peut douter que le souffle de ces vents ne soit opposé à la direction du fleuve.... Il se peut encore que de vastes amas de

matière solide, charriée par les rivières, doit aller fort loin, et se répandre sur tout le fond de l'Océan. Si cela n'étoit pas ainsi, l'accroissement de la terre, par l'accumulation des matières sur le rivage, devroit être plus rapide qu'il ne l'est en effet.

Quoique cette opinion soit admissible, elle est loin de confirmer les conclusions que le docteur Hutton a déduites, que cette désintégration fait partie d'une série de changemens qui se succèdent, ou qu'elle fait partie d'un système dans lequel un monde habitable prépare sans cesse, dans le monde qui existe, la place de celui qui doit lui succéder. Si la désintégration va aussi lentement qu'on le prétend; si, comme le docteur Hutton lui-même l'observe, la description que Polybe a donnée du Pont-Euxin, des deux Bosphores opposés, du Palus Méotide, de la Propontide, et du port de Byzance, est aussi propre à l'état présent des choses que dans le temps où l'histoire a été écrite; si l'isthme de Corinthe est en apparence le même à présent qu'il y a deux ou trois mille ans; si Carybde et Scylla sont aujourd'hui ce qu'ils ont été autrefois, des écueils dangereux pour les vaisseaux qui approchent de la côte; si les ports de Syracuse, ainsi que l'île qui sépare le grand du petit; si la fontaine d'Aréthuse, que les anciens avoient séparée de la mer par un mur, ne paroissent point altérés; si, sur les côtes d'Egypte, nous retrouvons le rocher qui a servi de base à la fameuse tour du Phare, et à l'extrémité orientale du port d'Eunoste, les bains de mer taillés sur le rivage dans le roc solide; si nous découvrons par-tout aujourd'hui la même apparence que dans

---

sable déposés à son embouchure, forment une digue contre les flots, dans le temps où la mer agitée par les vents roule des sables; d'où il arrive que la décharge du fleuve est moins libre, et la pente de son lit moins inclinée. » (*Trad. de Lagrange.*)

(*Note du Traducteur*).

les temps anciens (*a*); si telle doit être la lenteur de la désintégration, la réflexion qui se présente est, qu'en l'admettant, il faut accorder au monde une durée infiniment au-dessus de notre conception, et proportionnée à la destination que nous pouvons lui soupçonner; mais au moins n'y a-t-il point de nécessité de supposer un arrangement propre à le perpétuer, ou à le restaurer.

Les faits avancés par le docteur Hutton et M. Playfair, pour prouver que tous nos strata doivent leur origine à la ruine d'un ancien monde, ne sont pas concluans, car ils sont également favorables au système Wernérien. On soutient qu'il existe une grande quantité de roches qui renferment des fragmens d'autres roches, ou qui sont réunies par des amas de gravier détaché ou consolidé. Ces fragmens et ce gravier supposent nécessairement l'existence de premiers strata auxquels ils doivent leur origine. On a aussi observé des restes ou des impressions de substances organiques animales et végétales dans les strata de la plus grande dimension, et qui, par conséquent, doivent avoir existé avant les autres.

Ces faits sont considérés par les géologues Huttoniens comme une preuve suffisante de l'existence d'un monde habitable qui, par sa destruction, a donné

(*a*) Je suis fâché de voir l'auteur établir ici une loi, pour ainsi dire, générale de conservation. Il ne faut que voyager, ou lire l'histoire pour être persuadé que rien n'est plus changeable que tout ce qui avoisine la mer, et que c'est ainsi qu'un grand nombre de vieux ports sont devenus inutiles. Celui de Barcelonne, en Catalogne, ne m'a pas paru d'une construction bien ancienne. Il est vaste et beau, il est placé devant une baie immense, et on l'a vu autrefois rempli des plus gros vaisseaux marchands. Aujourd'hui, il est tellement encombré de vase et de sable, qu'il ne peut plus admettre que de très-petits bâtimens destinés à charger et à décharger les navires qui restent à l'ancre dans la mer.

(*Note du Traducteur.*)

naissance au nôtre. Cependant ces faits sont expliqués également par le système des Neptunistes, sans le secours d'une telle assertion. On suppose que l'existence des animaux marins a commencé après la cristallisation des grands strata primaires; et qu'après cette période aussi, les eaux de l'Océan ont commencé à diminuer en hauteur, de manière à abandonner la terre qui s'est couverte de végétaux. La retraite de l'Océan a continué graduellement pendant plusieurs siècles : et, pendant ce temps, se sont formés les strata secondaires. Il est donc clair que les fragmens de roche, le sable et le gravier qu'ils contiennent souvent, ou avec lesquels ils sont liés, ou qui, dans beaucoup de cas, composent la majeure partie de leur masse, ont pu venir de la désintégration des strata primaires au-dessus du niveau de la mer : dans les premiers momens de leur consolidation, cette désintégration a dû être plus facile qu'elle ne le seroit aujourd'hui. L'origine des résidus d'animaux marins et de végétaux, qu'on rencontre dans les roches, est également bien expliquée par cette théorie, puisque l'existence de ces matières a dû commencer avant la formation de ces strata. Ainsi, les faits ne prouvent rien pour l'hypothèse du docteur Hutton, puisque, par une hypothèse différente, ils sont expliqués avec la même facilité.

On affirme pourtant que les mêmes apparences de sable, de gravier, et d'impressions marines, se trouvent quelquefois dans les strata primitifs; et que, par conséquent, l'explication de Werner est fautive ; car les animaux marins ne sont pas supposés avoir existé au moment de leur formation ; et il est clair que la présence du sable et du gravier est une indication certaine de strata qui ont existé avant l'un et l'autre.

Mais, d'un autre côté, les Neptunistes avancent qu'on ne rencontre pas ces apparences dans les strata vraiment primaires; mais, lorsqu'on ne les rencontre

pas dans les secondaires, c'est dans ceux de l'espèce intermédiaire que Werner appelle roches de transition. Il faut se ressouvenir que celles-ci sont supposées d'une formation postérieure à celle des primaires, mais antérieure à celle des strata secondaires, et qu'elles ont été formées au moment où a commencé l'existence des animaux marins, ou au moins de quelques-unes de leurs espèces; il est donc possible d'y trouver des impressions ou des restes de ces animaux. Cette supposition est sans difficulté, et semble s'accorder très-bien avec les faits. Puisque certaines roches qui ont des caractères particuliers, et qui composent les parties les plus élevées du globe, sont dépourvues de débris organiques, tandis que d'autres en sont remplies, n'est-ce pas une présomption que les premières ont été formées avant la période de l'existence de ces êtres? Et si on trouve entre ces roches des caractères intermédiaires, si elles sont liées principalement avec les primaires, mais moins élevées, et si elles renferment quelquefois des vestiges d'animaux marins, n'est-il pas raisonnable de penser que leur formation ait été intermédiaire, et qu'au moins le petit nombre d'espèces d'animaux qu'elles contiennent aient commencé à exister au temps où elles ont été formées?

On conviendra qu'une pareille supposition s'accorde mieux avec les phénomènes, et donne d'eux une explication plus satisfaisante que celle dont se sert le système de Hutton. Selon ce système, tous les strata qu'on appelle primitifs et secondaires ont été formés de matières déposées dans le sein de l'Océan après la ruine d'un premier monde. Ils doivent donc tous également contenir des restes et des impressions organiques; encore faut-il nous dire pourquoi plusieurs strata n'en contiennent pas, comme le gneiss et le schiste micacé, tandis qu'ils existent dans d'autres. Il n'y a qu'une supposition qui puisse rendre compte de cette

différence : c'est que les premiers strata ont été dans une fusion plus complète que les derniers, et que, par une plus grande intensité de chaleur, ces débris, ou leurs impressions, ont été détruits. Mais les apparences des strata contredisent cette explication; car les marques d'une fusion complette sont aussi fréquentes dans les roches qui contiennent des débris, que dans celles où il n'en existe pas. C'est ainsi qu'on trouve beaucoup de pierres de chaux et de marbre renfermant des coquilles, où la structure spathique est aussi parfaite que dans la pierre calcaire primaire, et où on trouve souvent des veines de carbonate de chaux cristallisé ; et, dans les pierres de chaux de transition, les parties qui ne renferment pas d'impressions marines, n'ont pas d'indication d'une fusion plus parfaite que les parties où elles se trouvent ; et réellement il n'y a entre elles aucune différence. De même le schiste primaire, qui ne porte point de marques de corps étrangers, n'a pas les apparences d'une fusion plus complette que le schiste secondaire, où les impressions de végétaux sont très-fréquentes. Ainsi, la supposition dont le géologue Huttonien se sert pour expliquer l'absence des restes organiques dans ces strata, n'est pas seulement hypothétique, mais encore contraire aux phénomènes; tandis que celle des Neptunistes est tellement probable, qu'elle semble naître des faits comme un corollaire.

L'explication donnée dans le système de Hutton ne tire pas plus de force d'un autre fait général ; je veux dire celui qui a été avancé comme preuve, que tous nos strata ont été formés des débris d'un autre monde : ce fait est l'association des brèches, du sable et du gravier avec les roches primaires. Beaucoup d'exemples de cette espèce, avancés par le professeur Playfair, sont très-douteux. Mais, même en accordant qu'il existe de ces apparences qu'on ne peut contester, il est facile de les expliquer. Il est clair qu'à la retraite

graduelle de la mer, arrivée après la formation des roches primaires, les plus élevées sont restées nues; et que, par-tout où cela est arrivé, la masse de l'eau a commencé à agir sur la terre sèche, et a occasionné sa désintégration. Il est même raisonnable de croire, quoique la supposition ne soit pas nécessaire, que cette désintégration auroit été plus rapide immédiatement après la consolidation des strata, que lorsqu'ils ont été entièrement durcis par le temps. Que cela soit vrai ou non, les fragmens des roches élevées doivent avoir été réduits en sable, gravier, etc. Par la direction des courans, il a dû se former des bancs parmi les strata déjà existans, ou en formation; et, suivant les circonstances, ces fragmens ont dû rester détachés, ou se consolider par la déposition de la matière en dissolution, ou suspendue dans le fluide. Il n'y a donc point de difficulté par rapport au fait de ces agrégations qu'on trouve dans les strata de transition, ou même dans les primaires; et il n'y a point lieu à conclure que ces strata doivent leur origine à la ruine de continens plus anciens.

Il y a même, dans cette partie de la géologie, un phénomène particulier qui se montre par-tout avec les mêmes apparences, et qui s'explique naturellement par la théorie Neptunienne, tandis qu'il faut avoir recours à la supposition la plus extravagante pour en rendre raison par les principes du système Huttonien. Ce fait est un lit de brèches posé sur un strata primaire, et recouvert par un ou deux strata secondaires. Sur les strata verticaux, par exemple, de schiste primaire, il y a souvent un lit de brèche, composé de fragmens de roches consolidés par un ciment; et par dessus ce lit est un stratum de pierre de sable ou de pierre calcaire. D'après la théorie Neptunienne, il est aisé d'expliquer ceci: suivant sa position, il est évident que le schiste doit avoir été formé le premier: cependant d'autres roches

primaires ont été formées plutôt, et ont été placées dans des positions plus élevées. La mer, en se retirant, a dû les laisser à nu; et, par leur désintégration, fournir des fragmens qui, déposés sur le schiste le plus bas, ont formé les brèches; et de plus, avant que la mer se soit assez complettement retirée pour les laisser exposées, elles ont dû être couvertes par un dépôt de pierres de sable ou de pierres calcaires.

L'explication renfermée dans l'hypothèse de Hutton établit une supposition assez extraordinaire pour fournir un contraste singulier avec celle des Neptuniens. On suppose (*) que le schiste a été formé en lits presque horizontaux, et que, par un pouvoir expansif venu d'en bas, ils ont été élevés à la surface, et placés dans une position verticale. Dans cette situation, le lit de gravier dont est formée la brèche a été déposé sur le sommet du schiste vertical. Pour admettre la formation des strata horizontaux de pierre de sable, on suppose encore, que le schiste, et la brèche qu'ils portent, ont de nouveau été plongés dans l'Océan, qu'ils y sont restés comprimés pendant des siècles, jusqu'à ce que les matériaux de pierre de sable aient été déposés sur eux. Ces matériaux sont supposés avoir été consolidés par l'opération du feu central, et même avec l'intervention de strata épais de schiste posés sur eux : on nous dit enfin que le tout, ainsi préparé, a été encore une fois élevé par un nouvel effet de la chaleur. On peut affirmer en toute sûreté, et sans d'autres raisonnemens, que des suppositions aussi extravagantes, et sans preuves, ne peuvent jamais donner une véritable explication des opérations de la nature.

Nous pouvons conclure en général que, quoique l'existence des impressions et débris organiques

---

(*) Explication, etc., pag. 150.

puisse prouver que les strata qui les contiennent ont été formés après l'existence des règnes végétal et animal; et quoique la présence de la brèche, du sable et du gravier dans les strata, puisse prouver également que d'autres strata ont existé, et qu'ils ont donné naissance aux premiers, cependant aucun de ces faits n'autorise la conclusion, que nos strata sont venus des débris d'un premier monde; et les explications du système de Hutton à ce sujet sont même moins probables et moins satisfaisantes que celles de la théorie Neptunienne. On peut donc admettre la proposition générale, que les strata de la terre sont susceptibles de dégradations, et que les débris sont emportés à la mer, sans prouver, par quelques apparences, que ceci fait partie d'une série de changemens, ou est un point dans la succession des mondes, ou que sur cette planète il y a eu un monde habitable avant celui-ci, qui a tiré son origine d'un premier.

Le second principe de la théorie de Hutton est, que les matières réunies dans le fond de la mer sont, à une grande profondeur, exposées à l'action d'une chaleur intense, et d'une forte pression, et qu'après la fusion et la consolidation, elles finissent par former de nouveaux strata. On peut considérer ce principe sous différens rapports; et il est important de le mettre en discussion, puisqu'il peut fournir *une démonstration directe de la fausse hypothèse de Hutton*.

Les premières difficultés qui se présentent sont: Quelle cause a produit cette immense chaleur? Si c'est la combustion, seule source probable, d'où est venue la matière combustible qui l'a alimentée? d'où est venu l'oxygène qui a entretenu la combustion? par quels moyens son action a pu avoir lieu sur des matières ramassées et déposées dans l'eau, tandis qu'en même temps on exclut l'opération de l'eau?

[redacted]

Voilà des difficultés à présenter contre l'hypothèse, et auxquelles il n'est pas aisé de répondre d'une manière satisfaisante.

L'intensité de la chaleur requise pour produire cette fusion au moment de la formation de nos strata, est beaucoup au delà de tout ce que l'imagination peut concevoir. Cela est évident d'après l'étendue immense de ces strata. Les plus hautes montagnes du globe s'étendent en chaînes infinies, et, par leur connexion, elles ont dû nécessairement être formées toutes en même temps. La chose n'est pas moins évidente, si on considère combien a dû être difficile la fusibilité, ou des substances qui composent toute leur structure, ou de celles qu'elles contiennent : un ou deux exemples suffiront pour rendre la chose claire.

Le carbonate de chaux, dont sont composés les cristaux calcaires, la pierre calcaire et la craie, ne peut être fondu par aucun degré de chaleur à notre disposition, ou au moins ne peut l'être que dans une quantité excessivement petite. Lavoisier n'a jamais pu en fondre une particule par la chaleur intense d'un miroir ardent ; et Saussure, en augmentant l'action de la chaleur par le gaz oxygène enflammé, est venu à bout d'en fondre une particule ; mais si petite, que, pour l'apercevoir, il a fallu le secours du microscope. Quelle a donc dû être, dit M. Kirwan, la chaleur nécessaire pour fondre toutes les montagnes composées de cette matière ? « D'après tout ce que nous connoissons » sur le feu, un tel degré n'a pu être produit que par » l'air le plus pur, agissant sur une énorme quantité » de matières. Ehrman a observé que la combustion » de 280 pouces d'air, agissant sur le charbon de » bois, ne pouvoit réduire en fusion un grain de » marbre de Carare : de là il est évident que tout l'air » de l'atmosphère, ni de dix atmosphères, seroit in» capable de fondre une seule montagne de cette » substance, quelle que soit sa dimension, quand on

» supposeroit une quantité suffisante de matières in-
» flammables soumise à son action (*). »

On a essayé de diminuer, sinon de prévenir, la force de cette objection. Le professeur Playfair a observé que « ce raisonnement n'est point applicable à » l'hypothèse du docteur Hutton sur la chaleur sou-
» terraine, parce qu'il est fondé sur des expériences
» où la séparation des parties volatiles et fixes a lieu,
» ce que n'admet pas l'hypothèse. Lorsque la pierre
» de chaux ou le marbre sont exposés à une chaleur
» telle qu'on la suppose ici, ou même à une chaleur
» d'un degré beaucoup moindre, le gaz carbonique
» est dissipé, et il ne reste plus que la chaux. Le
» marbre de Carare exige une chaleur de 6300° de
» Wedgewood pour fondre en plein air, où le gaz
» acide s'échappe; mais, sous une pression capable de
» contenir ce gaz, on ne peut pas conclure que ce
» marbre ne fondroit pas par la chaleur d'un four-
» neau de verrerie (**). »

L'argument qui soutient que le carbonate de chaux peut être plus fusible que la chaux pure, et que par conséquent la chaleur souterraine qui est supposée l'avoir mis en fusion, a pu être très-modérée, puisqu'elle a agi sous une compression qui a retenu l'acide carbonique; cet argument, dis-je, est supposé confirmé par un fait d'analogie. Le docteur Black a remarqué que la baryte pure est beaucoup moins fusible que le carbonate de baryte, puisque, lorsque le carbonate de baryte est exposé à une chaleur intense, il se fond et se vitrifie; il commence alors à se séparer de l'acide carbonique, et en même temps il retourne à l'état solide. On suppose, par analogie, que la même chose peut arriver au carbonate de chaux,

(*) Essais géologiques, pag. 453.
(**) Explication, pag. 75.

et qu'en appliquant une forte compression, il peut être fondu par une chaleur beaucoup moindre que lorsque l'acide carbonique peut s'échapper. Dans la théorie de Hutton, on suppose que cette compression a eu lieu dans les régions minérales, où ont été formées les masses immenses de carbonate de chaux.

On peut observer que le fait qui sert de base à cet argument, est douteux. Dans la manière d'obtenir la terre de baryte, en décomposant le carbonate de baryte par la chaleur, la baryte n'est pas obtenue pure; et si l'expérience est faite, comme à l'ordinaire, dans un vaisseau de terre, à mesure que la décomposition s'opère, la baryte agit sur la terre du vase, et forme avec elle une espèce de cendre. La substance obtenue de cette façon est, en même temps, beaucoup moins fusible et moins soluble que la terre pure obtenue par la décomposition du nitrate de baryte, d'après le procédé de Vauquelin. Cette terre est réellement d'une fusibilité si facile, qu'il est impossible d'admettre que la baryte pure soit beaucoup moins fusible que lorsqu'elle est combinée avec l'acide carbonique; et c'est précisément le cas contraire.

Mais, quand le fait seroit vrai, l'analogie appliquée à la chaux ne seroit pas juste. On prétend que le carbonate de baryte se fond avant de se séparer de son acide carbonique; mais cela n'a point lieu pour le carbonate de chaux. Ainsi point d'analogie entre ces deux substances, sous le rapport d'accroissement de fusibilité par la combinaison de l'acide carbonique avec ces terres; ou bien on n'est pas fondé à supposer que la chaux, comme la baryte, devient plus fusible par sa combinaison avec cet acide; l'argument du professeur Playfair n'a donc aucune solidité; et, même quand la supposition seroit admissible, encore faudroit-il concevoir une chaleur excessive pour fondre le carbonate de chaux. Pour le décomposer et le dégager de l'acide carbonique, une très-grande cha-

leur est nécessaire, et encore à cette température le carbonate calcaire ne se fond pas : il faudroit probablement, pour opérer sa fusion, un degré beaucoup plus élevé. C'est pourquoi, lorsque nous considérons l'étendue immense des strata calcaires, il est évident qu'en admettant l'analogie précédente comme juste, ce qui n'est pas, il a fallu une chaleur excessive pour leur consolidation, chaleur qui, d'après l'hypothèse de Hutton, ne peut pas être comparée à celle d'une fonderie de verre.

On peut faire la même objection avec une force égale, eu égard à d'autres fossiles, qui ne peuvent s'y soustraire de la même manière que les précédens. Le quartz, par exemple, d'après les expériences de Lavoisier et d'autres chimistes, est presque aussi infusible que la chaux. Non seulement il reste intact dans telle chaleur de fourneau que ce soit, mais même il résiste à celle du miroir ardent. Cependant il y a des montagnes entières de quartz ; on le trouve dans beaucoup de roches en grandes veines, et dans d'autres, comme dans le granite, il y existe cristallisé, comme partie intégrante. Il a donc fallu une chaleur incalculable pour mettre ce quartz en fusion, et il est impossible d'imaginer qu'aucune modification de pression, ou d'autres circonstances aient pu coopérer à la fusion du quartz. La chaleur d'une verrerie, dit M. Playfair, qui s'appuie sur l'impossibilité de calculer la fusibilité précise du carbonate de chaux, peut suffire pour sa fusion. Mais l'incertitude n'est pas la même pour le quartz; Saussure a calculé que, pour opérer sa fusion, il falloit une température égale à 4,043° du pyromètre de Wedgewood. Le verre, à un terme moyen, ne demande que 30° de la même échelle. Par cette comparaison, nous pouvons donc juger quelle chaleur il a fallu pour fondre tous les strata de la terre, et combien le professeur Playfair est loin de la vérité dans ses calculs.

Nous pouvons estimer la force de cet argument par le soin qu'on met à répéter et à faire valoir la réponse à l'objection tirée de l'infusibilité du carbonate de chaux. En calculant les difficultés qui accompagnent l'hypothèse Huttonienne touchant l'excessive chaleur qui a dû être employée pour fondre certaines substances, les deux exemples du carbonate de chaux et du quartz sont les plus satisfaisans, et ont été généralement développés ensemble. Le partisan de cette hypothèse découvre un argument d'analogie, par lequel il suppose qu'on peut répondre à la force de l'objection par l'infusibilité d'une des deux substances, le carbonate de chaux; on s'appesantit sur cette assertion, et on la répète sous différentes formes. Mais l'exemple du quartz est mis de côté; on ne tient nul compte de son infusibilité, qui a été placée dans la même évidence que celle de la matière calcaire, et comme une démonstration de l'improbabilité du principe Huttonien. N'est-ce pas là un aveu tacite de la force de l'objection? S'il y avoit possibilité d'y répondre, un argument d'analogie même imparfaite, fondé sur une erreur de fait, ne seroit point à dédaigner. Lorsque, pour un autre cas, on n'essaie pas de répondre, n'est-ce pas avouer qu'il n'existe pas de réponse satisfaisante? Que par conséquent l'objection prise de l'extrême infusibilité des substances fossiles, et particulièrement du carbonate de chaux et du quartz, reste dans toute sa force? Et que l'anxiété qu'on témoigne pour tâcher de l'écarter est une preuve que l'objection, même dans l'opinion de ce système, non seulement n'est pas triviale, mais que, s'il étoit possible, on voudroit n'avoir pas à la combattre?

D'après les difficultés que nous venons d'exposer, rien n'est plus évident que l'improbabilité du principe Huttonien, que les fossiles doivent avoir été mis en fusion par une chaleur souterraine. Que nous

considérions l'étendue des strata qu'on suppose avoir été mis en fusion, ou l'extrême infusibilité de la matière qui les compose, la chaleur requise doit surpasser en intensité, non seulement celle que nous connoissons, mais encore celle que notre imagination peut concevoir, et nous n'avons point de cause à assigner pour la production d'une telle chaleur.

Mais quelle que soit la force de cet argument, on peut encore le placer dans un jour plus avantageux. Le trait particulier, et qui, selon l'auteur lui-même, fait le mérite de la théorie Huttonienne, c'est que les opérations qu'elle suppose sont intimement liées, et se succèdent dans une série qui n'a point de bornes. Non seulement elle applique les apparences actuelles que présente la terre, mais elle développe un système où se trouvent démontrées la destruction et la formation d'une suite de mondes habitables. C'est pourquoi dans chaque partie il faut faire des provisions, non seulement pour la production d'un effet, mais encore pour la réproduction de cet effet, et cela un nombre infini de fois. Accordons au partisan de cette hypothèse, qu'il a existé dans les entrailles de la terre une quantité de matière combustible suffisante pour avoir produit une chaleur capable de fondre nos strata actuels, et qu'il y a une quantité d'air suffisante pour entretenir sa combustion : cette concession même ne lui est d'aucun avantage. Ces strata sont supposés avoir reçu leur origine des débris d'autres de même espèce, qui existoient auparavant, et qui avoient été formés de la même manière; et ils doivent être remplacés par de nouveaux strata que la chaleur doit également fondre et élever. Ce qui me paroît incontestable, c'est qu'aucune accumulation de matières combustibles, aucune collection d'air qu'on puisse imaginer, ne sauroit, d'après les principes même du système, suffire à de pareilles opérations. Il est de la plus grande évidence qu'une quantité

limitée est incapable de servir à des opérations non seulement immenses dans leur étendue, mais encore infinies dans leur succession.

D'un autre côté, le docteur Hutton ne peut pas prouver qu'il existe à la surface de la terre un procédé capable de fournir assez de matières combustibles pour ces opérations. Il semble croire que la végétation soit capable de remplir ce but.

« Supposons, dit-il, le feu souterrain alimenté de » matières combustibles par tous les végétaux qui » croissent à la surface du globe : voilà une source » suffisante pour entretenir le feu minéral, une » source inépuisable, à moins que nous ne la bor- » nions sous le rapport du temps et des ingrédiens » nécessaires (*). »

Il est vrai que la végétation est une grande source de matières combustibles à la surface de la terre; elle sert de contrepoids aux différentes espèces d'oxygénation, décompose leurs produits en dégageant l'oxygène, et en réunissant dans la matière des plantes le carbone et l'hydrogène. Ces deux procédés paroissent être dans l'économie de la nature comme des antagonistes réciproques, l'oxygénation qui consume la matière combustible produite par la végétation, et la végétation qui désoxyde les produits de l'oxygénation. Mais il n'y a pas lieu de croire qu'un de ces procédés généraux surpasse l'autre dans le dernier effet. Peut-être peut-on objecter contre Hutton, sur la théorie de la formation du charbon, qu'il a tort de croire que cette substance vienne d'un excès de matière combustible produite à la surface, car il faudroit prouver que cet excès existe, ou au moins que cet excès continue d'exister pour un temps illimité. Dans tous les cas, il ne faut pas croire que de cette

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 243.

source

source puisse venir cette immense quantité de matières combustibles, nécessaire non seulement pour former le charbon des mondes qui se succèdent, mais encore pour alimenter cette étonnante combustion requise pour mettre en fusion et consolider les strata de terre.

On peut même démontrer qu'à la surface du globe il n'y a point d'opération qui puisse fournir à l'infini une masse de matières combustibles. Pour la formation des strata, l'hypothèse Huttonienne n'a point de difficulté sous le rapport des matières à pourvoir, parce que la même substance, qui dans un temps est fondue et élevée, est détruite de nouveau. Mais il n'y a pas une succession pareille de matières combustibles : dans la combustion, cette matière est nécessairement incapable de subir la même opération jusqu'à ce qu'elle soit désoxydée; et il n'y a point de moyen indiqué ni connu pour produire cet effet.

Si on ne fait pas mention de cette difficulté sur la matière combustible, elle revient précisément avec la même force au sujet du supplément de l'oxygène, qui est aussi nécessaire pour la combustion que la matière combustible. Aucune quantité d'oxygène ne peut nourrir la combustion pour un temps illimité, et il est impossible d'imaginer où seroit la source qui pourroit en fournir une abondance successive.

Le professeur Playfair semble avoir assez prévu la force de ces objections, et l'impossibilité de supposer un feu souterrain ni excité ni entretenu par aucune espèce de combustion; et ceci, qui met fin à toute discussion, est une concession importante. D'après toutes les apparences qui lui ont fait avancer la supposition d'une chaleur centrale, il observe : « qu'elle est d'une nature si différente de celle du feu » ordinaire, qu'elle n'a pas besoin, pour se main- » tenir, ni de la circulation de l'air, ni d'un sup-

» plément de matières. Elle n'est accompagnée ni
» d'inflammation ni de combustion ; une grande pres-
» sion s'oppose à la séparation des parties sur les-
» quelles elle agit, et l'absence de ce fluide élastique,
» sans lequel la chaleur semble ne pouvoir décom-
» poser les corps, même les plus combustibles, con-
» tribue à conserver dans toute leur intégrité les
» substances des régions minérales (*). » Il ajoute
ensuite : « Dans une région où l'action de la chaleur
» a été comprimée par la compression supposée, il
» n'a pu y avoir de feu proprement dit, ni de com-
» bustion. C'est l'opinion du docteur Hutton ; on
» argumente donc à faux contre sa théorie, lorsqu'on
» met en avant l'impossibilité d'un feu, maintenu
» dans les entrailles de la terre. Cette impossibilité est
» précisément ce qu'il suppose ; et de plus, les argu-
» mens de M. Kirwan sont dirigés, non contre l'exis-
» tence de la chaleur dans l'intérieur de la terre,
» mais contre l'existence de la conflagration et de la
» combustion (**). »

Le professeur Playfair ayant ainsi admis, dans les termes les plus clairs, que la chaleur souterraine, regardée comme cause des plus grands effets dans l'hypothèse Huttonienne, ne peut venir d'aucune espèce de combustion, entreprend d'expliquer comment il conçoit qu'elle peut être entretenue. Je dois citer en entier ses observations à ce sujet : « Ce n'est
» point le feu, dans le sens ordinaire de ce mot, mais
» la chaleur, qui est nécessaire pour cette opération ;
» et il n'y a rien de chimérique dans la supposition
» que la nature ait des moyens de produire la cha-
» leur, même à un très-haut degré, sans le secours

(*) Explication, etc., pag. 262.
(**) Explication, pag. 73.

» de matières combustibles, ou de l'air vital. Ainsi » la chaleur d'un rayon de soleil, dans le foyer d'une » loupe, la plus intense qu'on connoisse, est indé- » pendante des substances en question; et, quoique » cette chaleur ne puisse calciner un métal, ni même » brûler un morceau de bois, sans le gaz oxygène, » elle s'élèveroit, sans le moindre doute, à une aussi » haute température dans l'absence comme dans la » présence de ce gaz.

» Il est vrai que cette chaleur souterraine n'est » pas l'effet des rayons solaires; mais, malgré cela, » nous ne voyons pas d'inconséquence à supposer » que la production de cette chaleur soit indépen- » dante des corps combustibles et de l'air vital. Dans » tous les cas, nous ignorons parfaitement l'origine » de la chaleur. Dans ce moment, les philosophes » disputent sur la source de ce qui est produit par la » combustion; à bien plus forte raison sont-ils em- » barrassés pour déterminer ce qui nourrit la lumière » et la chaleur de ce grand flambeau qui anime toute » la nature par son influence. Si nous voulions avoir » une opinion sur cet objet, nous ferions bien de » suivre la marche de ce grand philosophe qui s'est » distingué des autres, peut-être moins par ses doutes » et ses conjectures, que par les recherches les plus » rigoureuses et les plus profondes. *Les corps immen- » ses, denses et fixes, lorsqu'ils sont échauffés » jusqu'à un certain degré, ne peuvent-ils pas » jeter une lumière assez abondante pour que, par » l'émission et la réaction de cette lumière, et par » la réflexion et la réfraction de ses rayons dans » leurs pores, ils deviennent encore plus chauds, » jusqu'à ce qu'ils arrivent à un degré de chaleur » égal à celui du soleil? Le soleil et les étoiles fixes » ne sont-ils pas de grandes terres, excessivement » brûlantes, dont la chaleur est conservée par » l'immensité des corps, par leur action et leur*

» *réaction mutuelles, et par la lumière qu'ils ré-*
» *pandent* (*)?

» Quelques expériences récentes semblent rendre » tout ce qui concerne cette question applicable à » un corps opaque comme la terre, aussi bien qu'aux » corps lumineux, comme le soleil et les étoiles » fixes. La radiation de la chaleur, dans les lieux » même où il n'y a point de lumière, a été démon- » trée probable par les expériences de M. Pictet de » Genève (**), et les seules objections qu'on pouvoit » faire sur les conclusions tirées de ces expériences » ont été écartées par les dernières et importantes » découvertes du docteur Herschel (***). D'après elles, » il paroît que la chaleur est susceptible de réfraction » et de réflexion comme la lumière, de sorte qu'il » n'est point absurde de supposer que *la chaleur* » *des corps immenses, fixes et denses, puisse être* » *conservée par la grandeur de ces corps, et par* » *leur action et leur réaction mutuelles, et par la* » *lumière qu'ils répandent* (****). »

L'ingénuité de ces observations dont on a enveloppé et déguisé un argument naturel et incontestable, est si étonnante, qu'il faut entrer dans quelques discussions pour le placer dans son véritable jour. A quel dessein calcule-t-on ici toutes les sources différentes de chaleur? Prouver qu'elle peut exister ou être produite indépendamment de la combustion. Il est facile d'accorder cela, mais le raisonnement ne prouve rien de plus; il ne peut pas légitimer la conclusion, que la chaleur peut être attribuée à une cause inconnue. Si la chaleur ne vient pas de

---

(*) Optique de Newton, comme ci-dessus.

(**) Essai sur le feu.

(***) Trans. Phil., 1800.

(****) Explication, pag. 76.

la combustion, il faut conclure qu'elle est l'effet de quelques autres de ses causes connues, de la friction, des rayons du soleil, de quelque espèce d'action chimique ou d'autre; et, si on ne peut pas démontrer que cette chaleur souterraine supposée puisse tirer son origine d'aucune de ces causes, l'objection contre l'hypothèse est aussi forte et aussi irrésistible, que si la combustion étoit la seule origine de la chaleur; et il est prouvé qu'elle ne peut être l'effet de cette opération. Maintenant on peut montrer, d'une manière satisfaisante, qu'aucunes des causes connues de la chaleur ne sont capables de la produire dans les parties intérieures du globe, jusqu'à la combustion, degré que la théorie de Hutton suppose, et que ses partisans avouent ne pouvoir exister; ce qui confirme et rend incontestable la conclusion générale contre la supposition de l'existence d'une pareille chaleur.

D'ailleurs, on désigne particulièrement, comme sources de la chaleur, la combustion, le frottement, et les rayons solaires. Il ne faut plus parler de la première comme source de la chaleur supposée dans les régions minérales; et on est convenu également que la dernière étoit inapplicable à la question. Certainement on ne pensera pas que le frottement ait pu produire ces effets; car qui peut assigner une cause capable d'exciter et d'entretenir un degré de friction assez considérable pour remplir ce but? Toutes ces causes semblent en vérité ne se présenter en apparence que pour faciliter l'introduction d'une autre hypothèse, que « la chaleur des corps immenses fixes » et denses peut se conserver par la grandeur de ces » corps, et par l'action et la réaction qui existent » entre eux, et par la chaleur qu'ils répandent; » et que c'est à cela qu'on peut attribuer la chaleur des régions centrales.

Cette hypothèse ne présente à l'esprit qu'une idée

indistincte, et qui a besoin d'être réfutée par l'analyse.

La propriété distincte et caractéristique du calorique, celle d'où découlent presque tous ses effets, est son élasticité, et sa tendance à être par-tout dans un état d'équilibre. En conséquence de cette tendance, il ne peut s'accumuler, ni se conserver en cet état d'accumulation dans un corps quelconque. Si une masse de matière est chauffée jusqu'à une haute température, elle commence immédiatement à communiquer sa chaleur aux masses qui l'entourent, et cette communication se fait de deux manières; une partie s'échappe en lignes droites, ou par la radiation; l'autre par une transition lente à travers la matière qui est en contact avec elle. D'après la nature de cette matière, la communication sera plus ou moins lente, mais elle commencera promptement; et même si le corps est isolé, ou placé dans le vide, il a été prouvé, par les plus belles expériences, que le calorique continue de s'en échapper, probablement par la radiation, mais toujours de manière à perdre de sa température.

D'après ces faits, prouvés à la rigueur, nous pouvons prendre un parti à ce sujet, et déterminer le degré de vérité de cette hypothèse, que la chaleur des corps grands et denses peut être conservée par la réaction qui existe entre eux, et par la chaleur qu'ils répandent.

Si nous concevons un nombre de grandes masses de matières échauffées jusqu'à une certaine température, placées à des distances immenses l'une de l'autre, isolées ou en relation dans un milieu très-subtil, il faut encore qu'il y ait une communication de calorique, plus ou moins lente, entre ces masses. Une quantité s'échappera par la radiation; et, s'il existe un milieu entre elles, une autre partie se perdra par la communication. Dans un certain sens, le calorique se

conservera entre ces corps, il passera de l'un à l'autre; et cette communication continuera, s'il n'y a pas de cause locale qui s'y oppose, jusqu'à ce qu'une température commune s'établisse. Mais si, en disant que les corps grands et denses peuvent conserver leur température par la réaction mutuelle et la chaleur qu'ils répandent, on entend que quelques-uns de ces corps peuvent, pour un temps *illimité*, et sans aucune source étrangère de chaleur, se conserver à une température supérieure à celle des autres, nous pouvons affirmer, même contre l'autorité de Newton, que la conclusion n'est pas juste, à moins que nous ne supposions que, dans tel ou tel cas, le calorique soit doué de modifications particulières dans son action qui nous sont inconnues. L'Huttonien sans défense peut se mettre à l'abri, sous la distinction des anciens, de chaleur céleste et terrestre, et comparer quelle est celle des deux dont les propriétés s'accordent mieux avec son hypothèse; mais si nous devons obéir à des lois d'une philosophie plus sage, et juger des opérations d'un agent physique, par ce que nous connoissons de sa force, il est clair que dans un système de corps, quelles que soient leur grandeur et leur densité, la chaleur ne peut s'accumuler dans un ou plusieurs d'entre eux pour un temps indéfini. Il est donc évident qu'en considérant la conjecture de Newton, sous ce point de vue, elle ne peut servir au but que se proposoit le savant professeur.

Mais l'insuffisance générale de cette hypothèse est bien plus apparente, lorsque nous considérons la distribution du calorique, non dans un système de corps placés séparément les uns des autres, mais simplement dans les différentes parties d'une seule masse, point de vue sous lequel il faut traiter la discussion de la chaleur souterraine. Il n'y a qu'à toujours répéter que c'est une qualité essentielle du calorique de se répandre dans la matière qui est en

[redacted]

contact avec lui, jusqu'à ce qu'il s'établisse un équilibre ou une uniformité de température, tendance que rien ne peut arrêter ni interrompre. Supposons que les parties centrales de la terre soient chauffées jusqu'à un certain point; en conséquence de cette propriété, une partie de la chaleur doit se propager vers la surface par toutes les directions; et plus la densité de la terre est grande, plus l'expansion doit être rapide; car, quoique la vitesse de la propagation du calorique à travers les corps ne soit pas précisément dans la proportion de leur densité, c'est plutôt dans cette proportion qu'elle agit que dans une autre. Il ne peut donc pas s'accumuler de chaleur au centre de la terre; son intensité doit continuer à diminuer uniformément; et, comme le système de Hutton suppose une succession de mondes formés par cette chaleur souterraine, dont une partie doit toujours être solide et habitable, tandis que l'autre est fluide, et dans l'état préparatoire à son élévation, il est évident que, d'après la supposition des corps grands et denses qui conservent leur chaleur, il est impossible d'expliquer la température locale nécessaire pour ces opérations. La chaleur productrice doit à la fin se distribuer également sur toute la masse, et la rendre ou entièrement fluide, ou incapable d'être mise en fusion.

L'hypothèse de Newton n'a donc point de rapport avec le sujet que nous traitons, la conservation d'une chaleur centrale dans une masse de matières, qui est le seul point en relation avec la question présente. Ce philosophe a conçu qu'un grand corps échauffé a pu, par son immensité, conserver sa chaleur pendant une très-longue période : ou bien, on a supposé qu'une partie du calorique s'étoit conservée, dans un système de corps opaques ou lumineux, par la radiation et l'absorption mutuelles. Mais, en admettant ces suppositions, aucune n'expli-

que comment une chaleur intense peut être accumulée et conservée dans les parties centrales d'une masse de matières, telle qu'est celle de notre terre. L'hypothèse que les grands corps conservent leur chaleur par le fait de leur immensité, par leur action mutuelle et par la chaleur qu'ils répandent, ou le fait établi, que le calorique sort des corps par la radiation, ne sont ici d'aucun avantage : en effet, ils n'ont pas le moindre rapport avec la question; et nous admirons avec quelle ingénuité on les y a rattachés en apparence. Pendant que le calorique continue ses opérations d'après les lois que nous connoissons, s'il se ramasse dans une seule partie, il doit se répandre bientôt sur le tout : et ni la grandeur du corps, ni les propriétés dont cet agent est doué, ne peuvent nullement s'opposer à sa distribution.

Il paroît donc qu'on ne peut assigner aucune cause capable de produire et de conserver, dans les entrailles de la terre, cette étonnante chaleur qui sert de premier principe au système de Hutton, et que toute hypothèse sur ce sujet est environnée de difficultés insurmontables.

Nous pouvons maintenant faire un pas de plus, et montrer, par une *démonstration* directe, indépendante des argumens déjà faits, que *le principe de la théorie est faux*. On suppose qu'une chaleur extraordinaire a existé, existe toujours, et continuera d'exister dans le centre du globe, et tant que ce monde sera réglé par ses lois actuelles. Admettons cela, en dépit de toutes les objections proposées sur le mode qui produit et conserve cette chaleur; accordons qu'il existe un supplément de matières combustibles et d'oxygène suffisant pour cette opération, ou que les corps grands et denses conservent leur chaleur par leur immensité; ou permettons à l'Huttonien de faire telle supposition qu'il lui plaira pour la production et

répandre, jusqu'à ce qu'il soit devenu par-tout égal; tendance qu'aucune puissance ne peut arrêter, et qui est absolument contraire aux phénomènes qu'on lui attribue ici. Le système renferme en lui-même un principe de destruction; ses opérations doivent donc avoir nécessairement une fin, et sont incapables de produire une succession indéfinie de mondes, supposée par les géologues Huttoniens, irrévocablement attachés aux principes de sa théorie.

Il est peut-être inutile de pousser la discussion plus loin. Cependant il est un autre point de vue sous lequel on peut considérer ce sujet. On sait assez que la chaleur se propage à travers les corps denses avec une vitesse considérable. Si donc un feu central existe, la chaleur doit se propager dans la substance de la terre vers la surface, et cette propagation doit être telle, que, même dans cette période de temps, dont nous avons gardé des souvenirs, ses effets ont dû avoir été apparens. De plus, nous n'avons pas de raison de croire qu'il soit arrivé quelque changement dans la température moyenne du globe. Le climat de quelques contrées particulières peut être altéré d'après un genre de culture, ou d'autres circontances locales; mais il n'y a point eu d'altération générale de quelqu'importance; s'il y en a eu, ses effets ont dû être remarquables par des indications trop bien marquées pour n'avoir pu assigner leur cause. De même, il ne paroît pas qu'aucun changement de cette espèce soit arrivé dans une période plus reculée que celle que l'homme a déterminée. On peut assurer que la température que nous avons maintenant est celle qui est nécessaire pour la végétation, la vie animale, et en général pour toutes les opérations de la nature; un monde habitable comme le nôtre ne pourroit point exister avec une température de quelques degrés plus basse que celle que nous avons. La chaleur à la surface doit donc avoir été presque toujours la même; et,

quoique d'après la théorie de Hutton, il y ait eu un feu central depuis une succession de temps incommensurable, pendant laquelle notre monde et les précédens ont existé, il n'y a point eu de propagation de chaleur à travers la substance de la terre. Si nous devons compter un peu sur nos connoissances, nous pouvons être certains qu'un système qui repose sur une pareille supposition est faux ; il ne seroit pas même aisé d'imaginer une manière de raisonner plus propre à en démontrer la fausseté.

En comparant la théorie Huttonienne avec la Neptunienne, il est évident que, suivant l'une, l'arrangement actuel de la surface de la terre ne doit pas avoir une plus longue durée que suivant l'autre ; car le principe de renouvellement, supposé dans la première, doit être épuisé avant que la destruction qu'il est appelé à réparer soit complette. La tendance à la destruction de ce monde, comme monde habitable, vient de la désintégration que supportent les strata ; mais il est reconnu que cette désintégration est extrêmement lente. « Nous avons des montagnes dans cette » contrée, dit le docteur Hutton, composées des » mêmes matières que la terre commune, qui ne sont » pas diminuées en hauteur depuis 1000 ans. La preuve » existe dans les chemins romains faits sur quel- » ques-unes de ces collines. J'ai distingué ces routes » aussi parfaitement que si elles eussent été faites de- » puis peu d'années ; seulement il s'est formé quel- » ques creux par la disparition du gravier, et des » matériaux qui avoient été employés (*) « Si, pendant une si longue période, la désintégration est à peine sensible, quel temps faudra-t-il donc pour réduire ces montagnes au niveau de la mer? Des millions d'années ne suffiront pas. Si l'on compare le degré de

(*) Théorie de la Terre, vol. 2, pag. 140.

vitesse qu'emploie le calorique pour se propager, et la quantité de matières qu'il a à pénétrer, en passant du centre à la surface du globe, avec la vitesse de la désintégration des strata qui existent, il est évident que, quelle que soit la lenteur de la première, elle doit arriver à son terme : ou, en d'autres mots, la température doit devenir uniforme dans une période plus courte que celle qui seroit nécessaire pour completter la désintégration des parties élevées de notre terre actuelle.

Il n'est pas nécessaire de mettre, sous un autre point de vue, les absurdités qui découlent de ce principe; cependant il en est une encore plus frappante, s'il est possible, que les autres. Le détritus de notre globe est supposé être déposé dans le lit de l'Océan, et consolidé là par la chaleur centrale. Ainsi, cette chaleur a pu se propager à travers la masse immense de matière solide interposée entre le centre de la terre et le fond de la mer, et dans un degré assez intense pour consolider les parties détachées ainsi déposées. De plus, cette chaleur n'a pu aller plus loin, même dans cette immense période de temps, pendant lequel des mondes successifs ont été formés : ou bien, cette chaleur s'est propagée pendant plusieurs milliers d'années, jusqu'au plus haut degré; mais elle s'est arrêtée là, et n'a pas pu avancer quelques milles de plus; circonstances qu'on peut regarder comme l'effet d'un pouvoir supérieur qui a agi en faveur de l'homme. C'est ainsi que l'Huttonien embarrassé suspend les lois de la nature selon son bon plaisir, ou qu'il les trouve toujours en accord parfait avec les principes de sa théorie.

D'après tous ces raisonnemens, il paroît que, sous quelqu'aspect que nous considérions la théorie de Hutton, non seulement elle est exposée à des difficultés insurmontables, mais encore qu'elle est prouvée être fausse. Quelle que soit la quantité de chaleur que nous supposions, ou de matière capable de la produire par la combustion, ou tout autre mode; ou

que soit le supplément successif de chaleur, ou
atière susceptible de l'entretenir, encore ce sup-
ient n'est pas inépuisable, et, par conséquent,
eut fournir aux opérations qu'on lui attribue
un temps indéfini. Et, quand cela seroit, la
re de l'agent employé est telle, qu'elle détruiroit
stème qu'on suppose qu'elle doit réparer. Il y a
accumulation de preuves à laquelle nous pen-
que le préjugé lui-même ne peut résister, et qui
plus que suffisantes pour conclure que, quelque
e qu'on puisse faire de la théorie de Hutton comme
brillante hypothèse, elle ne doit point réclamer
ng élevé d'une théorie juste.

ans cette discussion sur l'existence d'un feu cen-
, nous n'avons pas jugé nécessaire de rapporter
rgument en sa faveur, tiré de phénomènes vol-
ques; il est évident qu'ils sont produits, non par
ne cause de cette espèce, mais par un feu excité
les montagnes volcaniques (*a*). Cependant,

C'est encore ici le sentiment de Lucrèce, lib. 6:

» *Nunc tamen, illa modis quibus inritata repentè*
Flamma foras vastis Etnæ fornacibus efflet,
Expediam; primùm totius subcava montis
Est natura, ferè silicum suffulta cavernis;
Omnibus est porro in speluncis ventus et aër;
Ventus enim fit, ubi est agitando percitus aër:
Hic ubi percaluit calefecitque omnia circùm
Saxa furens, quà contingit, terramque, et ab ollis
Excussit callidum flammis velocibus ignem,
Tollit se ac rectis ita faucibus ejicit altè,
Funditque ardorem longè, longè que flavillam
Differt, et crassâ volvit caligine fumum;
Extruditque simul mirando pondere saxa;
Ne dubites quin hæc animai turbida sit vis.

Præterea magna ex parti mare montis ad ejus
Radices frangit fluctus, æstumque resorbet:
Ex hoc usque mari speluncæ montis ad altas
Perveniunt subter fauces; hàc ire fatendum est,
Et penetrare animam penitùs res cogit aperta,

comme on peut faire quelque fond sur cet argument, il n'est pas hors de propos d'en montrer la fausseté par de nouveaux faits.

1°. La chaleur de la matière échappée des volcans n'est pas la même que celle que le géologue Huttonien prétend exister dans le centre du globe. On suppose cette chaleur capable de fondre le granite, et par conséquent le quartz, qui, d'après les expériences de Saussure, demande, pour être fondu, une température égale à 4045 de l'échelle de Wedgewood. Mais il est prouvé, par beaucoup de faits, que la chaleur communiquée par le feu volcanique à la matière qu'elle pénètre, monte rarement au 120° de la même échelle. Ceci est évident par l'aspect du schorl, et d'autres fossiles, fusibles à 100, ou 110°, et trouvés sans altération au centre de la lave, — preuve qu'ils n'ont point été fondus; et la lave elle-même est fondue et vitrifiée à une température au dessous de 40°. Ainsi

---

Atque efflare foràs, ideoque extollere flammas,
Saxaque subjectare, et arenæ tollere nimbos :
In summo sunt ventigeni CRATERES, *ut ipsi*
Nominitant, nos quas FAUCES *perhibemus et* ORA. »

» Mais tâchons maintenant d'expliquer la manière dont la flamme en fureur s'exhale des fournaises de l'Etna. D'abord toute la montagne est creuse intérieurement, et appuyée sur des cavernes de cailloux. Or, toutes les cavernes sont remplies de vent, et par conséquent d'air, puisque le vent n'est que l'air mis en agitation. Lorsque ce terrible élément s'est enflammé, et a communiqué son ardeur aux rochers et à la terre autour desquels il ne cesse de se rouler, et dont il fait sortir des flammes rapides, des feux dévorans, il s'élève, il s'élance directement par les gorges de la montagne, il répand au loin la flamme et la cendre, roule une fumée noire et épaisse, et lance en même temps des rochers d'une si énorme pesanteur, qu'à ces effets on ne peut méconnoître l'impétuosité des vents.

» D'ailleurs, la mer baigne en grande partie le pied de cette montagne : sans cesse elle y brise et ramène ses flots. Les cavernes règnent par-dessous terre depuis la mer jusqu'aux gorges de la montagne. On ne peut douter que les vents n'entrent par ces

cette

cette chaleur n'est point à comparer avec celle que le géologue Huttonien suppose dans les régions souterraines. C'est donc une preuve que la lave fondue ne l'est point par la cause supposée.

2°. Les produits volcaniques sont totalement différens de ceux que la théorie de Hutton suppose être formés dans les régions centrales, et en être sortis. Les derniers sont composés de granite, de porphyre, et de trapp, substances que ne vomissent jamais les volcans. D'un autre côté, le soufre est une production abondante du feu volcanique, tandis qu'on ne le voit jamais dans les rochers non stratifiés; preuve décisive que la matière rejetée par les volcans ne vient pas de la même source que celle d'où l'on suppose que nous arrivent les productions des régions centrales. La matière pierreuse, lancée par les volcans, paroît réellement, d'après l'évidence des faits, n'être que des roches et des fossiles du pays, ou fondus, ou partiellement altérés par le feu volcanique.

Enfin, l'extinction des volcans prouve suffisamment qu'ils ne sont que le résultat de la combustion, ou de l'action chimique réciproque d'une quantité de matières réunies dans un endroit, et épuisées après un certain temps. S'ils avoient une connexion avec les régions centrales, leur extinction n'auroit point lieu.

L'évidence de ces faits prouve, d'une manière décisive, que la montagne volcanique est le laboratoire où le volcan prépare ses opérations; et les phénomènes

---

ouvertures quand la mer s'est retirée, et ne dirigent leur souffle de là vers le sommet. Voilà pourquoi l'on voit les flammes s'élever en l'air, les rochers s'élancer au loin, et des nuages de sable se répandre de tous côtés. A la cime, sont ces larges entonnoirs par où s'échappent les vents : les Grecs les appellent *cratères*, et nous leur donnons les noms de *fauces* et d'*ora*. » *Traduction de Lagrange*.

(*Note du Traducteur.*)

qui en sortent ne sont donc point une preuve de l'existence du feu central.

Il semble que le docteur Hutton lui-même a senti la force des difficultés proposées dans le cours de cette discussion, ainsi que l'impossibilité de les résoudre. Pour répondre aux observations de M. Kirwan, il fait les observations suivantes, où, malgré ses efforts pour déguiser son embarras, cet embarras n'est pas moins visible. « Je m'occupe peu ou point de ce feu, » (le feu nécessaire pour fondre les minéraux), ou je » ne me charge point de la cause de ce pouvoir, puis- » que je n'ai pas fondé ma théorie sur la *supposition* » d'un feu souterrain; ce feu cependant suit néces- » sairement comme une conclusion tirée de ces appa- » rences sur lesquelles ma théorie est fondée. Elle » l'est sur les apparences des substances minérales, » et sur ce que ces substances ont dû être nécessaire- » ment dans un état fluide. Je ne prétends pas prou- » ver à la rigueur que ces substances ont été même » chaudes; cependant, d'après leur état de fusion, la » conclusion en est naturelle. Il me suffit de démon- » trer que ces corps ont été plus ou moins dans un » état de mollesse et de fluidité, sans aucune espèce de » solution. Je ne dis pas que cette fluidité a eu lieu » sans chaleur; et, quand c'eût été le cas, il servi- » roit également bien le but de ma théorie, pourvu » qu'il expliquât la consolidation des strata ou des » corps minéraux, qui, je le répète, a eu lieu par la » simple fluidité, et non par aucune espèce de solu- » tion ou de dissolvant autre que celui qui pénètre » tous les corps, et les rend fluides.

» Notre auteur (M. Kirwan) a bien saisi la difficulté » d'admettre un feu actif au dessous de la terre et de » la mer. Mon but n'est pas de chercher à écarter ces » difficultés qui n'existent peut-être que dans ces » suppositions faites ici par occasion, mais de mon- » trer qu'il n'a pas traité directement la question en

» discutant sur le sujet de la consolidation que nous » découvrons dans les strata de la terre, à moins que » ma théorie, eu égard à l'origine ignée des substances » pierreuses, n'eût été fondée sur la supposition d'un » feu souterrain. Employer le feu et la chaleur pour » fondre des corps minéraux, en le supposant comme » la cause de leur consolidation, est tout autre chose » que de reconnoître le feu et la chaleur comme » ayant exercé leur pouvoir sur les corps minéraux, » lorsqu'il est clairement prouvé, par les apparences » actuelles, que ces corps ont été dans un état de fu- » sion ou de simple fluidité. Ces distinctions seroient » bonnes pour le vulgaire; mais pour un homme » instruit, qui analyse les argumens, et qui raisonne » strictement de l'effet à la cause, mon opinion est, je » pense, le véritable chemin qui conduit à la vé- » rité (*). »

Les observations du professeur Playfair sont faites dans la même intention : elles admettent en effet les difficultés concernant la supposition d'une chaleur centrale qui a fondu les minéraux, et il tâche de diminuer ces difficultés en avançant que les substances minérales prouvent, par leurs apparences, qu'elles ont déjà subi une semblable opération.

« Nous ne sommes autorisés par aucune règle des » recherches philosophiques à rejeter un principe » auquel nous sommes directement conduits par une » induction de faits, simplement parce que nous ne » pouvons pas en donner une explication satisfaisante. » Ce seroit avoir une idée bien fausse de la science » physique, que de vouloir nier le principe de la gra- » vitation, parce qu'on ne peut pas l'expliquer, ou » parce qu'il engage dans de grandes difficultés mé- » taphysiques. Si une absurdité palpable, ou une

(*) Théorie de la terre, vol. 1, pag. 237.

» incompatibilité de faits connus, se trouvent réu-
» nies à un principe, il ne doit point être admis, à
» moins qu'il ne puisse servir à donner la raison
» d'autres apparences. Si, par exemple, le docteur
» Hutton avoit soutenu que la combustion a continué
» dans une région privée d'air vital, nous aurions dit
» qu'il avoit admis une absurdité, et qu'une théorie
» fondée sur de pareilles assertions est pire qu'une
» chimère. Mais, si la seule chose qu'on puisse lui
» imputer est que, conduit par l'induction à ad-
» mettre la fusion des substances minérales dans les
» entrailles de la terre, il a regardé l'existence d'une
» telle chaleur comme capable d'opérer cette fusion,
» quoiqu'il ne puisse en assigner la cause, je pense
» qu'on ne trouvera dans son système qu'une imper-
» fection commune à toutes les théories physiques,
» et que le plus grand perfectionnement de la science
» n'écartera jamais (*). »

Ces observations sont si justes, que le mérite de toute théorie géologique doit reposer sur sa conformité avec les apparences minéralogiques. Si elle est bien d'accord avec ces apparences, la cause, ainsi établie par induction, doit être admise, quoique susceptible de difficultés pour le mode de production ou d'opération : mais, dans l'application de ces observations à l'hypothèse de Hutton, il semble qu'il y a erreur, et le raisonnement sur lequel ses partisans s'appuient, comme sur leur dernière ressource, est généralement incorrect.

Il ne faut point oublier, d'abord, que le terme *preuve* en usage dans ce raisonnement, ne doit point être entendu dans le sens strict, mais dans une signification plus libre. Lorsque le docteur Hutton dit qu'il a *prouvé* que les minéraux ont été formés par la fusion,

(*) Explication, etc., vol. 2, pag. 79.

il ne prétend point que sa preuve soit de l'espèce de celles dont on peut déduire des corollaires, comme d'une démonstration mathématique. La preuve peut, d'après la nature du sujet, ne pas être plus qu'une forte probabilité; et, en l'établissant, il faut bien considérer toutes les circonstances, et ne leur donner que l'importance qu'elles méritent. S'il se trouve des difficultés dans la conclusion qui veut que les minéraux aient été formés par la chaleur sonterraine, elles doivent entrer dans le calcul des probabilités dont on a tiré la conclusion elle-même. Si ces difficultés sont de quelque poids, elles doivent balancer les probabilités qui viennent des apparences minéralogiques; ou si, d'un autre côté, la preuve d'induction est, sous quelque rapport, douteuse et incomplette, de pareilles difficultés suffisent pour être autorisé à rejeter un principe qui n'est pas encore absolument prouvé. Il ne nous est donc pas permis de tirer la conclusion sans examiner ces difficultés *à priori*, ni de dire qu'elles ne sont d'aucune valeur, parce que la preuve est déjà établie.

Mais encore, en supposant prouvé que les minéraux ont été formés par la fusion, ce n'est point cette proposition simple qui constitue l'hypothèse Huttonienne, c'est un système détaillé dans lequel on suppose un nombre d'opérations successives. Si, dans la série, on peut remarquer une seule opération, pour l'entretien de laquelle on n'a rien pourvu d'avance, le système Huttonien est renversé, quand même toutes ses autres propositions seroient bien prouvées. D'après la nature de la chaleur, on peut montrer que ce pouvoir ne peut s'accumuler dans les parties centrales du globe, sur une étendue requise par la doctrine de Hutton, et qu'il n'y a point de source capable de fournir un supplément régulier. Ainsi, quand il seroit prouvé, par la plus forte induction prise dans les qualités des minéraux, qu'ils ont été formés par la

fusion, cela ne prouveroit pas la vérité de l'hypothèse de Hutton. Il faut admettre simplement la conclusion, qu'ils ont été formés par le feu, mais que le feu n'a point été appliqué de la manière et dans les circonstances indiquées par l'hypothèse. La position même des strata prouveroit-elle qu'ils ont été formés et élevés par la chaleur souterraine; ceci ne prouveroit pas les particularités du système, que ces strata doivent leur origine à un premier continent; que les substances provenues de sa ruine sont soumises à un feu central, qui a une action continuelle pour leur élévation successive. En un mot, si l'origine ignée des fossiles étoit clairement démontrée, elle ne serviroit qu'à établir une théorie Vulcanique; mais ne démontreroit pas plus la vérité du système Huttonien, que celle du système de Leibnitz ou de Buffon. C'est donc à tort que le docteur Hutton nous dit qu'il a prouvé que les minéraux ont été formés par la fusion. Mais encore, en lui faisant cette concession, elle ne confirmeroit, ni ne tendroit à établir, les différentes propositions qui constituent son système. Au contraire, il est certain que quelques-unes sont fausses : ainsi donc, en admettant la preuve de la première proposition, la réfutation de tout le système, ou la démonstration de sa fausseté, reste toujours complette.

Enfin, si on soumet la doctrine de Hutton à l'épreuve que lui fait subir le professeur Playfair lui-même, la conclusion est contre elle. « Si une » absurdité palpable, dit-il, ou une inconséquence, » se trouve dans un principe avec des faits connus, il » ne faut point l'admettre, quand même il paroîtroit » calculé pour expliquer d'autres apparences. » C'est une absurdité palpable de supposer que le calorique puisse se propager du centre de la terre au fond de la mer, de manière à y consolider les matières détachées et réunies, et ne pas s'étendre plus loin. C'est une inconséquence contre les faits connus et établis, que de

supposer le calorique actif dans une partie d'une masse de matières, sans se répandre dans la totalité; ce principe donc, fondé sur cette supposition, doit être rejeté, quelque parfaite que soit l'explication qu'il donne des phénomènes. La supposition est précisément aussi absurde que le professeur en est convenu, et suffisante, si on la soutient, pour renverser l'opinion, que la combustion peut avoir lieu là où il n'y a point d'air vital; car nous n'avons pas d'évidence qui nous engage à adopter l'une plutôt que l'autre. Il est clairement démontré que le calorique se répand dans toute la matière jusqu'à l'équilibre de la température, et que la présence de l'oxygène est nécessaire au procédé de la combustion; et le principe qui contredit l'un est aussi faux que celui qui contredit l'autre. Ainsi, nous dirons avec M. Playfair : « Qu'une théorie fondée sur de tels *postulata* » est pire qu'une chimère. »

La discussion étendue que j'ai faite du premier principe de la théorie de Hutton, demande peut-être une apologie : son importance m'en fournit une qui suffit. L'évidence d'une théorie géologique, prise dans les apparences des minéraux, doit être souvent imparfaite ou ambiguë, et l'est évidemment, puisqu'il existe différentes opinions sur le même sujet. Mais, lorsque les premiers principes d'un système enveloppent des absurdités et des contradictions avec des faits connus, la réfutation est nécessairement plus complette.

La discussion est de la même importance que celle des recherches qui vont suivre. Jamais on n'a inventé une hypothèse qui n'explique, et même d'une manière satisfaisante, quelques phénomènes qui sont de son ressort; et cela, sans doute, est vrai pour la théorie de Hutton : mais, lorsque la fausseté des principes est démontrée, les explications sont vues dans leur vrai jour, et plutôt comme l'application adroite et

[redacted]

heureuse d'une hypothèse aux phénomènes, que l'exacte interprétation de la nature.

Le dernier principe de la théorie Huttonienne est qu'après que les strata ont été fondus et consolidés par la chaleur souterraine, ils ont été élevés par le même agent. On peut faire *à priori*, contre sa probabilité, la même objection que celle qui a été faite contre la fusion des strata ; — la difficulté, ou l'impossibilité d'obtenir et de conserver un degré de chaleur capable de produire un tel effet. Et, en accordant encore cela, il n'y a point dans la théorie de principe désigné pour régulariser l'action de cette chaleur. On regarde toujours, comme la qualité essentielle de ce système, qu'aucune de ses opérations n'est le résultat du hasard ; mais que tout est adopté pour tendre à une fin déterminée. Dans la supposition de l'élévation des strata par un pouvoir expansif, il n'y a point de cause assignée pour régulariser son mouvement d'après le mode supposé par la théorie ; on ne sait pourquoi ce pouvoir ne seroit pas la cause d'une ruine et d'un désordre tel que le renouvellement d'un continent ; et pourquoi il ne pourroit pas élever ces strata avant leur totale préparation ? Pour la production de l'effet que la théorie de Hutton lui attribue, il est nécessaire qu'il agisse sur les strata consolidés et prêts pour l'élévation dans le fond de la mer. Il n'y a rien en connexion avec lui, rien de marqué pour le retenir dans ses limites, ou aucune cause qui le force à agir là plutôt qu'à la surface de la terre. Le principe reçu est donc tout à la fois gratuit et faux. Nous verrons par la suite jusqu'où il peut rendre compte des apparences que nous offrent les strata.

Il nous reste maintenant à considérer la théorie Neptunienne sous le rapport de la probabilité de son premier principe. — Que les différens fossiles ont été

formés, et les strata arrangés par la déposition dans l'eau.

La grande objection contre ce principe est l'insolubilité dans l'eau de la matière qui compose ces strata. Les terres simples qu'on trouve en grande quantité dans la nature, comme la chaux, l'argile, la magnésie et le silex, ne sont que très-peu solubles dans l'eau; et les composés qu'elles forment par leur union, les différens fossiles terreux, sont, pour le plus grand nombre, insolubles. Comment peut-on donc supposer que l'eau soit l'agent qui leur a donné la fluidité, ou qu'ils aient été consolidés par une solution aqueuse? « Affirmer que l'eau a toujours été capable de dissou-» dre ces substances, c'est lui attribuer un pouvoir » que tout le monde sait qu'évidemment elle n'a pas » à présent, et introduire une hypothèse non seule-» ment gratuite, mais qui, physiquement parlant, » est une hypothèse absurde et impossible (*). »

En raisonnant strictement, le Neptuniste doit se dispenser de répondre à des objections de cette espèce. Son seul principe est, que les fossiles ont été formés, par la consolidation, dans une solution aqueuse, parce que les apparences qu'ils présentent sont incompatibles avec leur formation par le feu. S'il peut faire admettre cela, son opinion est prouvée, et son raisonnement peut ne pas aller plus loin. Il peut rejeter, comme sujets étrangers à ses recherches, tout ce qui concerne la manière dont se sont opérées, et la solution aqueuse, et la consolidation qui s'en est suivie; et, si on le pousse par des objections de cette sorte, il lui suffit de répondre que, dans les opérations de la nature, des effets peuvent venir de certaines causes, quoique, dans l'état actuel de nos connoissances, nous ne puissions pas déterminer comment telle ou

(*) Explication, pag. 70.

telle cause a pu produire tel ou tel effet. Le géologue Huttonien, avec des prétentions plus ambitieuses, occupe un poste moins avantageux. Il nous présente un système suivi, dans lequel est marquée non seulement la cause qui doit produire certains effets; mais, de plus, il détaille comment et où, avec quelle force et quelles modifications elle doit agir; par conséquent, il faut qu'il réponde aux objections faites à chacune des parties de sa doctrine. Mais le Neptunien se contente de l'induction tirée des faits, que l'eau a été le principal agent dans la formation des minéraux; et sa conclusion est juste, quoiqu'il ne soit pas capable de dire comment tout cela s'est opéré.

Tâchons de découvrir pourtant s'il ne seroit pas possible de prévenir la force de cette grande objection faite contre la théorie Neptunienne.

On peut remarquer que le raisonnement dont elle tire toute sa force, est de l'espèce de ceux qu'une saine logique réprouve. Nous raisonnons avec une certaine confiance sur ce qui a été autrefois, d'après ce qui existe aujourd'hui, et nous supposons sans raison que les fossiles ont dû être les mêmes à leur formation et à leur arrangement qu'ils sont à présent; qu'ils ont dû être dans le même état d'agrégation, et avoir, l'un avec l'autre, les mêmes affinités et les mêmes relations. Cependant il est évident que, sous ces différens rapports, ils ont eu de grandes différences, et que de telles différences ont dû produire des effets importans.

C'est un principe admis maintenant parmi les chimistes, qu'une substance en masse, par son état d'agrégation, est insoluble dans un fluide, et soluble dans l'état d'une extrême division mécanique. Les exemples de cette espèce sont très-nombreux dans le règne minéral. Le corindon, quoique composé principalement de terre argileuse, est insoluble dans tous les acides, jusqu'à la destruction de sa cohésion. Le

flint n'est altérable par aucun alkali, à moins que préalablement on ne l'ait réduit par la division mécanique. Le jargon résiste à toutes les tentatives faites pour le décomposer par la voie humide, jusqu'à ce que son agrégation soit détruite par l'action de la potasse et d'une forte chaleur. L'oxyde natif d'étain est, pour la même cause, insoluble dans tous les acides. Et, en général, dans l'analyse minérale, l'insolubilité qui provient de l'agrégation exige, pour être vaincue, différentes opérations préliminaires.

C'est apparemment pour cette cause que les terres et les fossiles terreux ont été considérés comme incapables d'être dissous par l'eau, qnoique solubles dans ce fluide. Nous en avons un exemple frappant dans le silex : sa terre, qui a été regardée comme la moins soluble de toutes, devient par conséquent une grande difficulté pour le Neptuniste. Lorsqu'il est trituré avec l'eau, il n'y a pas de dissolution sensible; cependant il existe nombre de faits qui prouvent qu'il est soluble. Si, par exemple, le silex est combiné par la fusion avec un alkali, et si ce composé est ensuite décomposé par un acide, la terre siliceuse déposée est dans un état de division mécanique extrême, qu'on ne peut obtenir par aucun autre moyen; et, dans cet état, il est soluble dans l'eau; de sorte que, si on en employoit une grande quantité pour le dissoudre, la terre ne se précipiteroit pas. D'après l'opinion du docteur Hutton lui-même, on rencontre des stalactites siliceuses; et, souvent sous le rapport naturel, on a trouvé le silex dissous dans plusieurs eaux minérales. L'eau de la fontaine de Geyser en Islande suffit pour exemple. Klaproth a trouvé en dissolution, dans 100 pouces cubiques de cette eau, 9 grains de silex, et le docteur Black 10. 8 grains. Le dernier et célèbre chimiste suppose que la solubilité de la terre peut être provoquée par une portion de soude existante probablement dans l'eau. Mais Klaproth

observe, avec raison, que la quantité en est si petite comparativement (3 grains seulement d'après son analyse, et 1. 5, d'après le docteur Black, dans 100 pouces cubiques d'eau), qu'elle ne peut suffire pour produire un tel effet; et que, d'ailleurs, la soude est neutralisée par l'acide carbonique, puisque ce n'est que l'alkali pur qui provoque la solubilité de cette terre. On a trouvé aussi du silex en dissolution dans une eau qui ne contenoit point d'alkali (*). Il ne peut donc plus y avoir de doutes sur l'opinion de Klaproth, que cette terre existe dans l'eau de cette fontaine, par sa solubilité naturelle dans ce fluide, aidée probablement par la haute température, puisque nous la trouvons déposée sur les parois de la fontaine; dépôt qui ne peut être dû qu'à la température de la source, et qui diminue par son exposition à l'air.

Il est donc prouvé que la terre siliceuse est soluble dans l'eau, et que son insolubilité apparente n'est due qu'à son état d'agrégation. Il suit qu'on peut donner la même cause pour l'insolubilité des autres fossiles; et que, par conséquent, quoiqu'insolubles maintenant par leur état d'agrégation, ils peuvent avoir eu une origine aqueuse. Un simple fait rendra la chose évidente à ceux qui se laissent persuader plus par les exemples que par les raisonnemens. La déposition siliceuse de la fontaine de Geyser, est composée, d'après Klaproth, de 98 de silex, 1. 5 d'argile, et 0. 5 d'oxyde de fer; elle est souvent aussi dure que l'agate, et insoluble dans l'eau comme tous les fossiles terreux. Cependant elle doit sa formation à une solution aqueuse; fait qui suffit pour nous convaincre de la fausseté de la conclusion, que les fossiles ne peuvent être formés par l'eau, parce qu'après leur consolidation, nous ne les trouvons pas solubles dans ce fluide.

(*) Essais géol. de Kirwan, pag. 117.

La fausseté de la conclusion est prouvée jusqu'à la démonstration.

Ensuite, le pouvoir dissolvant de l'eau, par rapport à chaque substance, est invariablement provoqué par la chaleur. Si nous concevons qu'au commencement de la formation de nos strata, ce fluide avoit en dissolution une grande quantité de matières salines, terreuses et métalliques, il est certain qu'il a pu garder une température plus élevée que l'eau pure; et que cette haute température, indubitablement, a dû augmenter sa force dissolvante. Il est presque démontré que, par cet agent, le pouvoir de combinaison, dont la solution n'est qu'un cas particulier, peut s'accroître jusqu'à tous les degrés nécessaires. Les recherches de Bertholet sur l'affinité chimique, et nombre de découvertes modernes, ont rendu très-probable, qu'il n'existe pas dans la nature deux corps qui n'aient attraction l'un pour l'autre; que l'eau, par exemple, a non seulement de l'attraction pour quelques substances, mais pour toutes; et que, dans des cas particuliers, l'efficacité des attractions n'est détruite que parce que l'agrégation de certains corps est supérieure à leur attraction chimique, ou à d'autres circonstances qui s'opposent à leur union. Le premier pouvoir, l'agrégation, diminue uniformément par la chaleur, et il suit presque comme un corollaire nécessaire, que, par son action appliquée dans un degré suffisant, deux corps peuvent être arrangés pour se combiner, ou un fluide devenir propre à dissoudre un solide. L'expérience confirme également cette conclusion; car, lorsque l'eau est disposée à soutenir une forte chaleur, elle devient le dissolvant des substances, dont, à une basse température, elle paroît incapable de dissoudre la plus petite portion.

Maintenant, ce n'est point une supposition hors de probabilité, que, dans le temps où les matières de la surface de notre globe étoient en dissolution, la tem-

pérature peut avoir été beaucoup plus élevée que celle qui est à présent nécessaire pour les opérations de la nature. Nécessairement il a été assigné à cette planète une certaine quantité de calorique, et avant que le présent ordre de choses fût établi. Ce calorique peut avoir été réuni dans un lieu, et avoir été ainsi capable de produire à la surface les plus grands effets. Quelques géologues ont adopté l'opinion (et, en la considérant comme une hypothèse, il n'y a rien qui empêche de l'admettre), qu'à cette époque l'atmosphère n'étoit point formée; par conséquent, l'immense quantité de chaleur cachée qu'elle contient maintenant, a dû être sensible et active dans la masse fluide; et, pour cette raison seule, sa température doit avoir été très-élevée. Il est inutile de répéter qu'il est impossible de calculer les effets d'une pareille cause, dont il n'est pas aisé de déterminer l'étendue; et celui qui voudroit limiter les effets, ou nier l'existence de cette puissance, ou les opérations qu'on lui attribue, raisonneroit dans le sens contraire des principes établis par l'évidence la plus palpable. Cette assertion seroit même contredite par les faits; car la solution du silex dans les eaux de Bath, de Carlshad, de Geyser, et d'autres sources chaudes, prouve la réalité de cette force dans la chaleur, et le pouvoir de produire de tels effets.

Il est maintenant également admis qu'il est impossible de déterminer la force d'une attraction chimique entre deux corps quelconques, ou l'effet qni doit en résulter, autrement que par l'observation ou l'expérience. Et une proposition, indépendante de toute théorie, et avouée aujourd'hui par tous les chimistes, c'est que, si nombre de substances sont mises en contact, dans un état d'extrême divisibilité, par le moyen d'un fluide, qui lui-même agit sur chacune d'elles, il est impossible d'estimer la plus active des attractions, ni le résultat de leur action récipro-

que, ni les effets produits par la présence de chacune d'elles.

Pour parler de la question d'une manière plus précise, on suppose, dans la théorie Neptunienne, qu'au moment de la formation de nos strata, il y a eu en dissolution dans le fluide cahotique différentes terres simples; les inflammables simples, les métaux, avec différentes matières salines non décomposées, ou si elles étoient composées, les élémens au moins qui les composoient. A tout cela, probablement, il faut ajouter les fluides élastiques, qui forment à présent notre atmosphère, et tous ces principes qui se sont accumulés dans les systèmes animal et végétal. Par quel pouvoir ces substances ont-elles été tenues en dissolution dans l'eau? L'Huttonien, dans son argument contre l'hypothèse des Neptuniens, réplique qu'il est à supposer que c'est par l'attraction de chacune d'elles avec ce fluide; mais la réplique est absurde. Chaque substance a dû exercer une attraction plus ou moins efficace sur chacune des autres, ou au moins, selon l'ancienne notion chimique, elle a dû exercer des attractions sur plusieurs, et il est impossible de connoître l'effet qui est résulté de toutes ces attractions compliquées. Les substances simples trouvées dans la nature, et qui, par conséquent, ont toutes été présentes dans ce fluide, passent le nombre de 40. Supposons que la moitié y ait été en quantité tellement menue, que son action soit devenue imperceptible; encore est-il impossible d'imaginer les effets provenus du nombre des autres attractions.

Pour jeter ici plus de lumières, si nous prenons une de ces substances, par exemple l'oxygène, qui forme la quatrième partie de notre atmosphère, et qui entre dans la composition de toutes les substances animales et végétales, comment pouvons-nous déterminer quels ont dû être les effets de ses attractions

après la privation de son élasticité ? Un de ceux que nous pouvons spécifier, c'est la propriété de se combiner avec tous les autres métaux ; non seulement l'oxygène opère leur solubilité dans l'eau, mais encore il augmente la force de leurs attractions sur les terres, ou la facilité de leur combinaison avec lui. Ainsi, comment pouvons-nous le suivre dans tant de combinaisons, de manière à pouvoir déterminer un dernier effet général ? ou bien, servons-nous de l'hydrogène comme exemple : il peut se combiner avec le soufre et le carbone ; et ces composés deviennent de nouveaux dissolvans d'autres matières. Dans son état naturel, l'hydrogène est même capable de dissoudre quelques métaux, et lorsqu'il a perdu son élasticité, et qu'il est dans un état de condensation, il est susceptible de se combiner avec tous ; ou, enfin, prenons le muriate de soude, si abondant dans la nature : il est évident que, si nous supposons ses principes, des composés d'acide et d'alkali, comme leurs élémens simples nous sont inconnus, nous admettons les opérations de substances qui, d'après nos connoissances, sont susceptibles de produire la solution de toute espèce de matières dans le fluide cahotique ; ou si, comme n'ayant point été décomposés, nous les supposons simples, nous ne pouvons imaginer qu'ils ont existé comme une pure combinaison binaire, ou comme muriate de soude. Leurs attractions auroient été divisées ou modifiées par les autres substances, de manière que celui qui essayeroit de prédire le résultat, risqueroit de passer pour un chimiste ignorant. Lorsqu'à ces trois substances naturelles nous ajoutons les affinités de beaucoup d'autres, il est naturel que, d'une telle complication d'attractions, il résulte quelqu'effet qui ne comporte pas une impossibilité physique.

Nous pouvons tirer une autre démonstration de la même vérité, d'un fait singulier déjà cité, et confirmé

firmé par l'expérience. Lorsque des solutions alkalines de silex et d'argile sont mêlées ensemble dans une égale proportion, « il en résulte dans quelques mi- » nutes une masse ferme, gélatineuse, et de couleur » d'opale. Elle est parfaitement insoluble dans l'eau, » quoique soluble dans les acides concentrés ou tem- » pérés, et même dans le vinaigre distillé; et cepen- » dant elle est composée de silex et d'argile. Il faut » donc qu'ici les propriétés du silex soient considé- » rablement altérées (*). » Personne n'auroit imaginé, *à priori*, que l'argile pût rendre le silex soluble dans les acides, dans lesquels il est par lui-même parfaitement insoluble; et par ce seul fait il est évident que la conclusion est également probable, qu'une autre substance, par l'attraction qu'elle exerce sur le silex, peut le rendre soluble dans l'eau. Ceci répand, il est vrai, une grande lumière sur l'influence qui résulte des attractions, que nous n'aurions pas supposée être d'un si grand intérêt, et prouve pleinement que les effets des actions chimiques d'une foule de substances l'une sur l'autre, ne peuvent être estimés. C'est un fait de la plus haute importance, et qui ne peut être pris en trop grande considération par le géologue Neptunien.

Un raisonnement de cette espèce, quoique de lui-même assez concluant, devient toujours plus fort quand on peut montrer que les effets, analogues à ce qu'on suppose, existent actuellement dans la nature, et sont produits par des causes du même genre. Nous avons cet avantage dans le cas en question. Dans la formation des substances animales et végétales, nous ne connoissons rien de l'action des affinités, que par les produits qui en viennent, et nous n'avons point d'idée des combinaisons qui se font, ni ne pouvons les imiter. Que quelques substances simples, telles

---

(*) Journal de Nicolson, vol. IV, pag. 543.

que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, et le phosphore, soient seulement mélangées; loin de former le petit nombre de composés binaires ou ternaires que l'art peut produire en les combinant, elles donneront naissance à une variété innombrable de composés, remarquables par l'opposition marquée de leurs propriétés. A quelle cause rapporter ce phénomène? Le physiologiste peut la voir dans l'influence puissante d'un pouvoir vital inconnu; mais nous, si nous ne devons pas admettre une expression dépourvue de sens, et qui, loin de résoudre ce problème, ne comporte aucune idée précise, il faut avoir recours à quelque théorie plus intelligible. Nous la trouverons dans les circonstances où sont placées ces substances. Nous savons maintenant que l'affinité chimique ne peut être regardée comme une force absolue qui, dans tous les cas où elle opère, le fait avec un pouvoir égal. Elle est influencée dans son action par beaucoup de circonstances; par la force d'agrégation, les distances des particules, la température, l'élasticité ou la condensation des agens mélangés, par la dimension de la masse, et par d'autres circonstances encore incertaines. Par-tout où ces substances sont variées, sur-tout lorsque chacune d'elle se présente avec des attractions mutuelles, il s'établit une différence dans l'action des affinités; et c'est ainsi que de la plus légère différence de circonstances il résulte les combinaisons les plus variées. L'art ne peut pas aisément faire ou régler de pareilles variations, ni par conséquent imiter les opérations de la nature animée, dans laquelle, par l'arrangement le plus compliqué, des provisions considérables sont faites pour obtenir tous ces pouvoirs modifians. De là, a-t-on dit, il résulte des effets qu'il nous est impossible de calculer *à priori;* de là dérive, d'une manière directe et incontestable, l'induction de ces opérations qui ont dissous et consolidé les matières de nos strata. Il a dû y avoir une force d'attractions dont nous ne con-

noissons ni le nombre ni le pouvoir absolu; et elles ont dû être modifiées jusqu'à l'infini par les circonstances de température, de quantité, de condensation, et par d'autres qu'il nous est impossible de déterminer, et qui, dans l'exemple que nous venons de prendre dans les produits organiques, produisent les plus grands effets. Celui donc qui feroit abstraction de toutes ces circonstances, et qui nous diroit, que, de ce que le flint, lorsqu'il est trituré avec de l'eau dans un mortier, n'est point dissous, il est physiquement impossible que la terre siliceuse ait été en dissolution dans le fluide cahotique, raisonneroit étrangement. Son raisonnement seroit à peu près le même que celui qui affirmeroit que le sucre n'est pas un composé de carbone, d'hydrogène, et d'oxygène, parce que, en combinant ces principes, nous ne pouvons former du sucre, ou parce que nous ne pouvons, par aucun moyen, mener ces principes jusqu'à une combinaison ternaire.

Enfin nous ne connoissons réellement pas quels sont les principes simples des substances qui composent le règne minéral; et cela suffit pour résoudre toute la difficulté. Si nous analysons un fossile terreux, nous trouvons que nos efforts ne peuvent pas aller au-delà de certaines substances que nous appelons terres simples; ou, si nous examinons la composition d'un minerai, nous y voyons un métal combiné avec quelques autres corps. Mais pouvons-nous affirmer que ces terres et ces métaux soient des corps simples, ou qu'ils puissent ne pas être composés? Celui qui connoît les principes de la chimie, ou même son histoire, n'admettra jamais la première conclusion, et penchera plutôt vers la dernière, puisque notre analyse ne peut jamais prouver qu'un corps est absolument simple; le progrès des découvertes a prouvé invariablement que les substances qui paroissoient telles, étoient des composés, et d'une

nature bien différente de ce que nos connoissances nous indiquoient avant ces découvertes. Si, il y a quelques années, on avoit soutenu que l'eau et l'air étoient des composés, d'après l'idée qu'on avoit que ces corps étoient des élémens, certainement cette opinion auroit été rejetée; cependant l'expérience a montré qu'elle étoit vraie. Par la même raison, on peut également supposer aujourd'hui, si la chose est nécessaire pour confirmer l'évidence d'un principe, que les terres et les métaux peuvent être des composés; et en vérité cette supposition en elle-même a bien autant de force que celle qui considère ces terres et ces métaux comme simples, et peut-être est-elle plus conforme à la vérité. Il n'est pas déraisonnable de regarder comme simple toute substance qui n'est pas décomposée, comme une règle générale qui nous garantit de toute vaine spéculation, ou comme un principe qui s'accorde avec nos arrangemens; mais il ne faut pas oublier que ceci n'est qu'une simple supposition, admise par les raisons alléguées; que ce n'est qu'un principe de convenance, mais que dans la réalité cette opinion n'est pas plus certaine que la conclusion opposée.

Nous ne nous tromperions pas beaucoup peut-être, si nous considérions le grand nombre de corps que nous connoissons maintenant comme composés. La chimie est encore dans son enfance; ce n'est que depuis quelques années que l'on a découvert la composition de quelques substances; et croirons-nous qu'elle a déjà atteint le terme de ses recherches, et que les différentes matières soumises à l'analyse sont vraiment élémentaires? A mesure que les corps approchent de la simplicité, ils deviennent plus subtils, ce qui est évident d'après le contraste qui existe entre les simples gaz et les composés qu'ils forment. Lorsque nous comparons l'étonnante subtilité et la ténuité de la lumière, et ces espèces de matières qui pro-

duisent les phénomènes du magnétisme, de l'électricité et du galvanisme, avec la grossièreté et l'inertie des métaux et des terres, ou même les simples gaz, nous nous apercevons que là les gradations de la nature ne sont pas observées; que la chaîne qui devroit lier les corps matériels est comme rompue entre ces différentes classes; et qu'il n'est pas hors de vraisemblance que les corps les plus grossiers soient composés d'autres plus subtils, qui, rapprochés et confondus avec les autres, conservent néanmoins leur droit sur le caractère de simplicité. Il y a aussi en chimie et en minéralogie une variété de faits, comme la métamorphose apparente du flint en terre calcaire, et la production des terres par le système végétal, qui paroît indiquer que ces substances sont des composés.

Quoique ces suppositions soient assez probables en elles-mêmes, et qu'on les ait proposées, nous ne devons pas nous en servir. Il suffit que la simplicité absolue de ces corps, les terres et les métaux, ne soit pas prouvée. Si l'on admet la possibilité qu'ils soient des composés (et jamais l'Huttonien ne pourra démontrer le contraire), l'objection faite contre leur formation par la théorie Neptunienne, parce qu'ils sont presqu'insolubles dans l'eau, est sans force. Il est naturel que, s'ils sont des composés, leurs principes existent sous une forme fluide ou même aérienne, pour qu'ils puissent être solubles dans l'eau; ou que, par leur mutuelle attraction, ils puissent contribuer à leur solution réciproque, et qu'enfin, combinés différemment, ils forment ces composés moins solubles qui existent aujourd'hui.

En réfléchissant à toutes ces circonstances, l'influence de l'agrégation qui s'oppose à la solution, le pouvoir de la température qui la provoque, les effets incalculables qui résultent de l'action des affinités compliquées, et la possibilité que telles ou telles substances que nous jugeons être simples soient compo-

sées, nous ne pouvons pas hésiter d'admettre la conclusion, que les fossiles ont pu être formés par l'eau, quoiqu'en apparence ils soient insolubles dans ce fluide : et, si une induction de faits rend probable leur origine aqueuse, leur insolubilité actuelle est une objection sans force réelle.

Le docteur Hutton a supposé également qu'en accordant la solubilité dans l'eau des matières qui composent nos strata, leur consolidation subséquente ne pouvoit être expliquée par la théorie Neptunienne. La porosité de la masse n'auroit jamais pu entièrement disparoître : et, si les minéraux avoient été consolidés de cette manière, le dissolvant auroit dû y rester ou dans un état liquide, ou s'en séparer par l'évaporation ou la filtration; et alors les pores eussent été vides, et le corps perméable à l'eau.

« L'eau, dit le docteur Hutton, étant le milieu où » les corps réunis au fond de la mer sont toujours » contenus, si ces masses de matières réunies doivent » être consolidées par la solution, ce doit être par la » dissolution de ces corps dans l'eau, comme dans » une menstrue; ce doit être par la concrétion ou la » cristallisation de cette matière dissoute, pour que » les espaces occupés d'abord par l'eau dans ces » masses soient ensuite remplis par une substance » dure et solide; mais, sans l'intervention d'un autre » pouvoir, qui chasse l'eau des cavités et des labyrinthes sans fin de nos strata, dans la proportion de » l'opération contraire, il est inconcevable comment » ces masses, malgré le changement de leur premier » sédiment, ont été absolument consolidées, sans » qu'on voie dans leur composition la plus petite » partie d'eau fluide.

» Dans les cavités et les interstices des corps qui » forment nos strata, l'eau doit être dans un état de » stagnation; en conséquence elle ne peut agir que » sur la surface de ces cavités qu'elle remplit. Mais

» par quoi seront-elles donc remplies ? Ce n'est point » par l'eau ; elles en sont déjà pleines : ce n'est point » par la substance des corps que l'eau contient ; » puisque ce seroit vider une cavité pour en remplir » une autre. Si donc il faut remplir les cavités des » strata d'une matière solide, par le moyen de l'eau, » pour passer à travers ces masses poreuses, il faut » composer une eau imprégnée d'autres substances » dans un état de solution ; et la menstrue aqueuse » doit être faite de manière à se séparer de la substance » dissoute, et à déposer la même substance dans ces » cavités où se fait la dissolution (*). »

Le professeur Playfair ajoute à ces observations : « Il est évident que la consolidation, produite par » l'action de l'eau, ou de tout autre menstrue fluide, » de la manière que nous venons de décrire, seroit » nécessairement imparfaite, et ne pourroit jamais » entièrement détruire la porosité de la masse. Car » le volume du dissolvant et de la matière tenue en » dissolution, étant plus grand que le volume de cha- » cun d'eux pris en particulier, lorsque le dernier « auroit été déposé, le premier auroit absolument » abandonné une place équivalente, et continué » d'occuper un certain espace dans l'intérieur des » lits. Un liquide dissolvant ne peut jamais boucher » les pores d'un corps, au point de s'en exclure » lui-même tout-à-fait ; et si les substances minérales » avoient été consolidées de la manière qu'on suppose » ici, ou le dissolvant y seroit resté dans un état li- » quide, ou bien, s'il s'étoit évaporé, il auroit laissé » les pores vides, et le corps pénétrable par l'eau. » Cependant aucun des deux cas n'a lieu, beaucoup » de corps stratifiés sont imperméables à l'eau, et » très-peu de substances minérales la contiennent dans » un état liquide. De ce que quelquefois ils en con-

(*) Théorie de la terre, vol. 1, pag. 44 et 45.

[redacted]

» tiennent par une union chimique, ce n'est point une
» preuve que leur solidité ait été dissoute par ce
» fluide; car cette union chimique convient également
» à la supposition de la consolidation ignée et à celle
» de la consolidation aqueuse, puisque, dans les deux
» hypothèses, la région où le feu a agi a dû être rem-
» plie d'une abondante humidité (*). »

On fait ces objections, parce que l'on attribue à la théorie Neptunienne une hypothèse qui ne lui appartient pas; aussi ne présente-elle ici aucune difficulté réelle. Nous allons le prouver en exposant brièvement les modes de consolidation fluide qu'elle suppose être employés par l'eau.

Si la substance solide est complettement dissoute dans l'eau, elle peut en être séparée par la cristallisation; et celle-ci est déterminée par un changement de circonstances dans la solution. Si la solubilité du solide a été augmentée par la chaleur du dissolvant, ou par la présence de certains principes, comme celui d'une espèce aériforme, il est évident que, d'après la réduction de la température, ou la disparition de ces principes, ou l'événement de nouvelles combinaisons, la cristallisation doit commencer : elle sera plus ou moins rapide en proportion du changement de circonstances, et c'est de cette manière qu'ont pu se former les différens strata qui offrent dans leur structure des signes de cristallisation. On ne peut douter que ce moyen n'ait pu produire les masses les plus dures et les plus denses : en effet, le chimiste a tous les jours occasion d'observer la dureté qu'acquiert une masse cristalline, lorsqu'elle reste pendant quelque temps sous la liqueur dont elle est le dépôt; chaque vide laissé à sa première cristallisation est rempli par la déposition suivante, et le fluide est chassé des cavités qu'il remplissoit.

(*) Explication de la Théorie de Hutton, pag. 69 et 70.

D'autres strata peuvent avoir été formés simplement par la déposition de la matière solide, non dissoute, mais suspendue dans un fluide. De là vient l'origine apparente d'une foule de strata secondaires. Les particules déposées en forme de lits très-étendus ont dû avoir d'abord peu de cohésion : mais, cela supposé, il n'est pas hors de probabilité que, dans cet état de mollesse, l'attraction d'agrégation n'ait eu lieu entre elles, puisque nous savons que cette espèce d'attraction, ni l'affinité chimique, ne sont pas bornées à agir sur les particules de la matière, mais qu'elles peuvent encore exercer leur influence entre les petites masses. Les particules se seroient donc ainsi rapprochées, le fluide interposé auroit disparu, et une masse plus ou moins compacte auroit été le résultat. Celui-ci, par un long repos, a pu gagner un grand degré de dureté; et on peut observer que dans la nature il n'y a aucun fossile, au moins de ceux qui ne sont pas cristallisés, assez parfaitement dense, pour être en même temps imperméable à l'eau. Cette espèce de consolidation a pu être encore accélérée par le mélange des dépôts chimiques et mécaniques, circonstance qui paroît être souvent arrivée.

La futilité des objections du docteur Hutton contre la consolidation par la solution aqueuse, va devenir évidente. En effet, elles ne sont dirigées que contre une hypothèse que ne soutient pas le Neptuniste. En expliquant la consolidation des strata par l'eau, on ne prétend pas que les matières détachées soient d'abord déposées au fond de la mer, et qu'alors quelque substance introduite dans leurs pores les rende plus dures. Elles ont été formées ou par la cristallisation, ou par la précipitation. Dans le premier cas, il est clair qu'aucune opération de cette espèce n'est nécessaire pour les consolider; dans le second cas, cette opération n'est pas plus

pierre calcaire, résidu d'animaux marins, et le *pud-dingstone*, formé de cailloux ou de gravier, consolidées toutes par leur placement dans un ciment commun. Ainsi, quand on répond à la question, en disant que la consolidation est due à l'attraction mutuelle des particules, la réponse lui paroît insuffisante; mais cela vient de la manière fausse de voir la chose. La réponse est juste sous le rapport de la consolidation des strata homogènes, qui sont ainsi consolidés au moins neuf sur dix; et, si nous avions étendu la question à ces strata particuliers qui sont mécaniquement composés de fragmens cimentés, la réponse du Neptunien seroit encore, que la matière qui cimente ces strata a été déposée autour de ces fragmens par la solution ou la suspension dans l'eau, et que l'attraction d'agrégation a eu lieu entre ses parties, qu'elle s'est consolidée, et que par conséquent elle a consolidé toute la masse.

Ou plutôt le faux point de vue où le docteur s'est placé, vient de son hypothèse, que tous les strata doivent leur origine à la ruine de strata précédens; et qu'en conséquence leurs matériaux ont été autrefois composés de fragmens mécaniques séparément déposés. Il auroit dû cependant se ressouvenir que cette supposition n'étant point admise par son antagoniste, il ne devoit point la lui attribuer, ou raisonner comme s'il l'avoit adoptée. L'opinion du Neptuniste, quant à la condition originale des matériaux des strata, est absolument différente, et ce n'est point à cette opinion, mais à une hypothèse, fruit de son imagination et de ses vues bornées, que répondent les objections du docteur Hutton sur la consolidation.

Les exemples de ces deux espèces de consolidation sont abondans dans la nature. Les cristaux calcaires et les stalactites, et même les stalactites siliceuses, sont souvent formés par l'eau à la surface, et mon-

trent au moins, par la cristallisation, qu'une consolidation parfaite peut avoir lieu; conclusion certainement que tout le monde admettra. En fait de déposition, trop prompte pour la regarder comme une cristallisation, l'incrustation siliceuse de la fontaine de Geyser est un exemple suffisant; sa dureté égale souvent celle des plus durs fossiles siliceux, de l'agate ou de la chalcédoine. M. Kirwan (*) cite plusieurs autres faits de consolidation par ces mêmes causes, aussi concluans que ceux où la consolidation est due à la déposition mécanique. On peut en citer un, celui de la régénération du granite, ou de la formation d'une pierre dure par les matériaux de ce fossile; il a rencontré un môle construit dans l'Oder, les côtés étoient de granite, et le centre étoit rempli de sable de granite. Ce sable étoit devenu une substance si dure, que l'eau ne la traversoit pas. Le mode employé par le docteur Hutton, pour contredire ce fait, ne peut s'expliquer que par ses propres paroles : « Voici un exemple, selon notre auteur, de granite » formé par la voie humide; mais il faut me montrer » l'évidence de ce fait; car, d'après l'opinion de celui » qui le cite, je ne vois pas la moindre raison de » conclure qu'il y ait eu ni la plus petite concrétion, » ni aucune pierre formée. Une masse de sable peut » devenir *tellement compacte, qu'elle soit impénétrable à l'eau*, par l'introduction d'un peu de » vase, et sans aucun degré de concrétion. En effet, » une eau bourbeuse ne peut passer à travers un tel » corps, sans en resserrer toutes les parties; ce que » chacun a pu éprouver à ses dépens, en essayant de » faire un filtre de cette nature (**). »

Ceci ne mérite point de réponse; il est admis que cette substance, ainsi formée, étoit si dure, qu'elle

(*) Essais géologiques, Essai IV.

(**) Théorie de la terre, vol. I, pag. 267.

n'étoit point pénétrable par l'eau (M. Kirwan a depuis ajouté qu'elle étoit si compacte, qu'aucun effort ne pouvoit la séparer du granite auquel elle étoit contiguë). De plus, le docteur Hutton osé nous dire que cette dureté ne vient pas de la concrétion des particules, mais de leur réunion par la vase. Dans une autre partie de son ouvrage, il informe ses lecteurs que les distinctions qu'il donne ne sont pas pour l'intelligence du vulgaire. La distinction entre *compacte* et *concrète*, est peut-être de cette espèce, et celui qui la comprend assez bien pour l'appliquer à la solution de la difficulté présente, peut donc se féliciter de ne pas être au nombre du vulgaire, mais probablement un logicien profond de l'école du docteur Hutton.

Si les fossiles ont été consolidés par l'eau, on peut supposer qu'ils contiennent une portion de ce fluide. On répond que cela est vrai : il n'existe dans la nature aucun agrégat qui, par la disparition de l'eau, ne perde de son poids par la présence de la chaleur; quelques-unes des roches les plus solides perdent considérablement, et plusieurs des minéraux les plus durs contiennent de cinq à dix parties d'eau sur cent. La composition des fossiles donc s'accorde assez avec la supposition de leur consolidation par l'eau, quand on n'auroit pas montré qu'ils ont dû en contenir plus qu'à présent. Dans tous les corps cristallisés, la quantité d'eau retenue est différente, et dépend en partie de leur attraction avec ce fluide, et en partie de circonstances qui accompagnent leur cristallisation. Il y a des substances déposées par l'eau qui n'en renferment aucune partie sensible, telle que, suivant l'analyse de Klaproth, l'incrustation siliceuse de la fontaine de Geyser.

Nous pouvons maintenant faire contraster ces deux systèmes, eu égard à la probabilité de leurs premiers principes, et comparer l'explication que chacun

d'eux donne, avec celle qu'admet la nature du sujet. Nous avons vu que le système Huttonien est accablé, non seulement par des difficultés insurmontables, en rapportant à la chaleur la fusion et la consolidation des strata, mais encore qu'il a été prouvé que ses principes sont en opposition directe avec les faits, et par conséquent faux. Le système Neptunien, en attribuant la fluidité originale de la surface du globe à l'opération de l'eau, paroît avoir aussi ses difficultés; mais il est riche en ressources, puisqu'il assigne des causes qui peuvent modifier l'action de ce fluide, au point de produire les effets qui lui sont propres. Il n'est peut-être pas possible de déterminer quelles sont les causes qui ont agi, ou quelle est celle qui a eu la plus grande part dans les dernières opérations. Mais que demande-t-on au géologue dans ces sortes de recherches? Ce n'est pas sûrement qu'il nous marque les progrès de ces immenses phénomènes, ou même qu'il nous en donne tous les détails, comme s'il en avoit été le témoin oculaire. Ce sont là les prétentions du théoriste; mais, sous le nom de système, il ne nous donnera jamais qu'un rêve. Il suffit, pour le géologue, d'établir une cause particulière par l'induction, et que cette cause soit probable, ou que les objections qu'on lui fait ne soient pas fondées sur des suppositions improbables. La théorie Neptunienne a atteint ce but : d'après les apparences des minéraux, nous serons fondés à conclure qu'ils ont été formés par l'eau; et, quant aux objections qu'on peut faire *à priori* contre l'incapacité qu'a l'eau de produire de pareils effets, nous les avons vues détruites par l'admission des circonstances modifiantes, qui non seulement ont pu agir, mais encore qui ont dû agir jusqu'à une certaine étendue. Il n'y a donc rien qui s'oppose à l'admission du principe établi par l'induction.

A ce sujet, s'il étoit nécessaire, on pourroit insister

sur ce principe, que toutes les fois qu'une cause est indiquée par les phénomènes, on doit l'admettre malgré les difficultés qui se rencontrent pour expliquer son opération. Le docteur Hutton et le professeur Playfair se servent de cet argument en faveur de leur doctrine, sans s'apercevoir et sans reconnoître qu'il peut s'appliquer avec la même force à la théorie Neptunienne. « J'ai prouvé, dit le docteur » Hutton, que ces substances pierreuses ont été dans » un état fluide par la fusion; et de là j'ai conclu » l'existence d'une chaleur interne, d'un feu souter- » rain, ou d'une certaine cause de fusion, n'importe » le nom de l'agent, ni par quels moyens l'action a » eu lieu. Tout en avouant mon ignorance sur les » ressources propres à fournir ce feu, l'évidence de la » fusion et de la première fluidité de ces corps miné- » raux n'a nullement diminué pour moi (*). » Il est clair que cet argument convient parfaitement à la théorie Neptunienne. J'ai prouvé, peut dire un de ses partisans, que ces substances pierreuses ont été dans l'état fluide par la solution; et de là j'ai conclu l'existence d'un dissolvant, ou d'une certaine cause de solution, n'importe le nom de l'agent, ni par quels moyens l'action a eu lieu. Tout en avouant mon ignorance sur les ressources propres à fournir ce dissolvant, l'évidence de la solution et de la première fluidité de ces corps minéraux n'a nullement diminué pour moi.

Cette manière de raisonner a encore plus de force et de justesse de la part du Neptuniste que de celle de l'Huttonien; car, puisqu'on a déjà prouvé que, quand il seroit bien démontré que les minéraux eussent été formés par la fusion, cela n'établiroit pas la vérité du système Huttonien, parce que ce système renferme des

(*) Théorie de la terre, vol. 1, pag. 239.

principes

principes physiquement impossibles, et qui par conséquent ne s'accordent pas avec l'induction; tandis qu'au contraire le système Neptunien est tout au plus susceptible de quelques difficultés qu'on peut écarter facilement; et qui, quand elles ne seroient pas écartées, ne pourroient affoiblir l'évidence offerte par les apparences des minéraux. Il n'y a donc presque plus de doute sur la supériorité des premiers principes d'une de ces théories sur l'autre. Nous avons maintenant à examiner quels secours ces théories tirent des phénomènes de géologie. On peut diviser en deux classes les argumens de l'espèce de ceux que avons avancés, ceux qui sont tirés des positions et des connexions des strata, et ceux qui viennent des propriétés et des apparences des fossiles individuels.

CHAPITRE III.

Des argumens favorables aux théories Huttonienne et Neptunienne, d'après les positions *des strata sur le globe.*

LES masses immenses qui composent la surface de la terre sont dans des positions très-variées. Quelques-unes sont irrégulières, d'autres disposées en lits ou strata verticaux, horizontaux ou inclinés à l'horizon par des angles différens : leur étendue et leur épaisseur ne sont pas les mêmes ; souvent elles alternent, et souvent elles sont étroitement liées à leur point de contact. Ces faits sont de la plus haute importance en géologie, et demandent à être expliqués dans toute théorie de la terre.

Les explications de Hutton sur la formation des roches stratifiées et sur celle des roches non stratifiées, sont très-différentes, et exigent des considérations distinctes.

On vient d'observer que, dans les roches stratifiées, quelques-unes sont verticales dans leur position, d'autres horizontales, ou presque horizontales, et d'autres inclinées à l'horizon par des angles différens. Le docteur Hutton suppose que, dans l'origine, toutes ont été horizontales, que la matière dont elles sont composées s'est répandue au fond de l'Océan, qu'elle s'est consolidée, et mise en fusion par le feu souterrain, et qu'ensuite elle s'est élevée par le pouvoir expansif de ce feu, de manière à prendre les positions que nous lui voyons.

Dans le système Neptunien, on suppose que les positions des strata ont été déterminées, partie par la figure de la base où ils ont été déposés, et partie par l'espèce de cristallisation qu'ils ont éprouvée au moment de la déposition. Les strata primitifs, qui sont généralement verticaux, ou presque verticaux, ont été d'abord déposés dans le fluide original, où leur substance avoit été dissoute, et c'est par une cristallisation précipitée qu'ils ont pris la forme que nous leur voyons aujourd'hui. L'eau est supposée avoir abandonné ces masses immenses pour se retirer dans les parties creuses du globe, ou dans les cavernes de ses parties centrales. Cette retraite de l'eau a été assez lente pour continuer pendant plusieurs siècles : c'est pendant ce temps que les strata secondaires paroissent avoir été formés par le dépôt de la matière, sur les côtés des strata verticaux ou presque verticaux déjà formés : enfin la retraite de la mer finie, ces strata secondaires ont été également exposés à la vue.

On objecte contre cette explication, qu'elle ne rend point compte de la position inclinée ou verticale de ces strata. Si la matière, dit-on, est un dépôt du fluide, elle a dû s'arranger en lits horizontaux; l'inclinaison du fond ou du terrain où s'est faite la déposition, a pu avoir quelques effets pour la modifier, ce qui a dû cesser bientôt; la matière précipitée, d'après cette inclinaison, doit avoir été déposée inégalement; en avançant dans l'endroit où l'inclinaison étoit la plus grande, elle a dû prendre une position tout-à-fait horizontale, et les différens lits ou strata approcher de plus en plus de cette position. A quelle cause donc attribuer les positions verticales ou presque verticales qui sont si fréquentes, et le parallélisme qu'elles gardent avec beaucoup de régularité sous des courbures très-étendues et variées ?

La force de cette objection dépend entièrement de

la supposition, que, dans le dépôt de ces strata, leur matière a été d'abord simplement et mécaniquement suspendue dans un fluide, et déposée par le repos. S'il en est ainsi, elle a dû s'arranger en lits horizontaux, et par conséquent être trouvée dans cette position. Cependant les Neptunistes soutiennent qu'elle a été dissoute chimiquement, puis séparée et durcie par une espèce de cristallisation. Ces dépôts cristallins alors se seroient arrangés en grande masses irrégulières, comme le granite, roche de formation primitive; et, le fluide continuant à déposer la matière par la cristallisation, cette matière, suivant les lois de ce procédé, se seroit cristallisée sur les côtés des masses déjà produites, et auroit formé ainsi l'apparence des strata verticaux : ou bien la division de ces strata peut être déterminée par le procédé même de la cristallisation. Quant à leurs sinuosités et à leurs courbures, il est difficile de démontrer comment elles peuvent être l'effet de la cristallisation. Cependant nous avons une évidence suffisante de faits pour prouver que la cristallisation peut être désignée comme cause de ces effets, qu'elle produit tous les jours sous nos yeux. Pour expliquer son opinion à ce sujet, Saussure a observé que ces apparences se retrouvent dans les stalactites et dans l'albâtre. Elles forment différentes couches, qui, au lieu de suivre une ligne droite, affectent une variété de courbures et d'ondulations visibles dans les strata, sur une plus grande échelle. On ne peut donner d'autre cause de cet effet que la cristallisation : quelqu'importante qu'elle soit, elle détermine, dans les substances qu'elle forme, comme le pense le docteur Hutton, non seulement la figure, mais encore la structure. Il est clair que, puisque ceci est prouvé être une cause suffisante, le raisonnement fondé sur la difficulté de concevoir, *à priori*, comment les effets ont lieu, est ridicule, parce qu'il suffit de répondre que ces effets se reproduisent journelle-

ment. Et, quoique nous ne puissions pas dire comment la cristallisation opère, « l'inflexion des strata, » la courbure qu'ils prennent, et le parallélisme de » leurs couches, conservé si exactement dans toutes » leurs inflexions (*), » nous voyons, malgré cela, dans l'exemple cité par Saussure, que la cristallisation peut produire toutes ces apparences, et qu'elle est capable de les effectuer, dans les montagnes du globe, sur une plus grande proportion. La différence de la dimension ne peut altérer la nature des pouvoirs employés à cette opération.

Dans le fait, quelque cause de cette espèce seroit d'un grand secours même au géologue Huttonien. Il suppose en effet que la stratification est le résultat de la déposition de l'eau; mais cela n'est pas admissible; car, quoiqu'on puisse concevoir, selon la théorie de Hutton, que les matériaux des strata se soient arrangés en lits horizontaux, cependant leur fusion subséquente, qui, dans les roches primaires, est supposée n'avoir pas été partielle, mais presque complette, doit avoir bouleversé la stratification originale; et on ne peut expliquer les divisions visibles à présent dans les strata, qu'en supposant qu'ils les ont reçues par le même procédé qui a formé la consolidation. La ténuité de ces couches onduleuses, dans le plus grand nombre de roches, dans le schiste micacé sur-tout, est favorable à cette opinion : elle est telle que nous ne pouvons considérer les divisions de ces couches comme analogues à celles des lits ou strata, déposées par l'eau, et ensuite relevées. Les formes de ces contorsions sont trop compliquées pour admettre la supposition qu'elles ont été produites par un pouvoir expansif, agissant sur ces roches pendant leur état de mollesse.

(*) Explication, pag. 140.

On peut attribuer les positions des strata secondaires, partie à la même cause, et partie à la direction de la base sur laquelle ils reposent. Il est certain que la cristallisation commence toujours sur la surface solide en contact avec le fluide; à celle-ci adhère la masse solide qui prend par conséquent plus ou moins parfaitement sa figure ou sa position. C'est de cette manière que Werner conçoit la détermination des positions inclinées; les strata déposés par une cristallisation imparfaite, mélangés pendant quelque temps avec un dépôt mécanique, ont adhéré aux côtés des strata primitifs sur lesquels ils reposent. C'est par cette même cause qu'on peut expliquer comment ils diffèrent d'inclinaison avec leur base. C'est pour cela que, selon cette théorie, nous trouvons que les strata secondaires sont plus inclinés dans le voisinage des montagnes primitives verticales; et qu'en proportion qu'ils s'en éloignent, ils deviennent plus horizontaux, et d'autant plus horizontaux, qu'ils sont déposés mécaniquement.

On peut citer une autre circonstance qui a probablement quelqu'influence sur la position de certains strata. On a supposé, et la supposition est regardée comme probable par le docteur Playfair, qu'après avoir été déposés horizontalement, quelques strata ont pu s'enfoncer inégalemeut, d'après l'inégalité de leur poids. Le tout auroit eu ainsi un degré d'inclinaison plus ou moins considérable, selon le plus ou le moins d'inégalité dans la dépression. Werner juge comme présumable l'enfoncement des strata à leur formation; ce qui explique bien les différentes positions inclinées de ceux qui ne tiennent pas leur arrangement de la cristallisation.

Quand même on supposeroit que les positions des strata indiquent l'action d'un pouvoir expansif venu d'en bas, qui auroit produit leur élévation, une telle cause peut être admise, par le système Neptunien,

comme compatible avec ses principes. L'apparence générale des strata prouve, qu'à l'époque de leur formation, ils ont éprouvé les plus violentes révolutions. Ils ont été séparés les uns des autres, le lit des rivières s'est creusé, les îles se sont détachées du continent; en un mot, ils ont subi toute espèce de fractures et de dislocations. Peut-être ne peut-on pas assigner, pour ces effets, une cause plus probable que l'expansion d'une chaleur accumulée dans les parties intérieures du globe, et dont la force a servi à leur formation. Dans l'élévation de ces strata, aucune apparence ne prouve les dogmes particuliers de la théorie de Hutton, que les strata ainsi relevés ont été mis en fusion, ou qu'une chaleur souterraine a toujours agi, et continue encore de le faire sans diminution. Au contraire, on a démontré que ces propositions sont fausses, puisqu'elles ne s'accordent pas avec les lois connues de la chaleur; et on va voir que cette cause ne peut rendre raison de l'horizontalité originale de ces strata. Quand il seroit donc clairement prouvé qu'ils ont été relevés par une puissance expansive, nous devrions encore supposer que cela a eu lieu par une cause qui a agi à leur formation, soit l'accumulation de la chaleur, son dégagement produit par le fait de la cristallisation, ou l'évaporation des fluides aériens, supposition qui s'accorde assez avec les autres principes de la théorie Neptunienne, et qui est probable d'elle-même. Le célèbre Neptuniste Saussure raisonne de même. Il observe qu'après la déposition des matériaux en lits horizontaux, on peut croire que « la chaleur, ou les fluides élastiques, renfermés dans » les parties intérieures du globe, en ont élevé et brisé » la croûte extérieure, et ont fait sortir ainsi la partie » primaire et intérieure de cette croûte, tandis que » les parties extérieures et secondaires sont restées » supportées par les autres. Les eaux se sont enfoncées » dans les cavités formées par de semblables érup-

» tions, et ont quitté le dessus de la terre (*). » Ce système ressemble à celui qu'a esquissé Lazarus Moro, et est une modification de la théorie Neptunienne, qu'on peut soutenir avec quelqu'avantage. Il est douteux, cependant, qu'un tel pouvoir expansif puisse être admis comme une cause générale; ou, en cas qu'elle ait jamais existé, que son action n'ait été que locale, et la cause, par conséquent, des apparences particulières.

Nous avons maintenant à considérer l'opinion de Hutton sur l'arrangement des strata. Cette première, et peut-être la plus importante partie de la preuve d'induction, est tout-à-fait fausse.

On suppose que les matériaux de ces strata ont été déposés de l'eau dans un état libre et détaché. D'après une telle déposition, il n'est pas difficile de concevoir la formation des lits ou couches parallèles les unes aux autres : et, si l'on admet que ces matériaux aient pu se consolider simplement par l'action du pouvoir d'agrégation entre leurs particules, leur arrangement original a dû être conservé, et leur élévation subséquente, par un pouvoir expansif, produire les apparences générales visibles actuellement dans les strata. Mais, dans le système Huttonien, on nie que la consolidation puisse venir d'une telle cause; elle n'est due qu'à la seule fusion partielle ou complette. Il est évident que, par cette fusion, la division générale des dépôts en lits ou strata, a dû être entièrement bouleversée; car chacune a eu assez de mollesse ou de fluidité pour devenir homogène, et capable de céder à la pression; et on n'indique aucune cause qui ait pu former de nouveau cette masse molle et fluide en strata distincts. On peut développer cette objection importante par quelques exemples.

(*) Voyages aux Alpes, tom. IV, pag. 101.

On trouve la pierre de sable en lits ou en strata à des degrés d'épaisseur très-différens, dans une position horizontale, ou un peu inclinée. Le géologue Huttonien suppose que ces lits ont été formés par la matière déposée dans l'Océan, et amollie par la chaleur souterraine : mais qu'il explique donc par quelle cause, dans la consolidation subséquente, ils ont été formés en strata distincts. Peut-être dira-t-on que cela est venu de la contraction de la masse en refroidissant ; et il paroît que c'est l'opinion que l'auteur adopte dans sa théorie : « La contraction de la masse » consolidée par la fusion, ou l'effet du feu, est la » cause de ces divisions naturelles dans les strata (*). » Mais on peut demander pourquoi les fentes sont horizontales ? Pourquoi la direction la moins favorable de toutes, d'après la gravité de la masse, est conservée avec tant de régularité, et dans une si grande étendue ? Ces circonstances prouvent bien évidemment que le parallélisme de ces strata est celui qu'ils ont eu originairement par leur déposition dans l'eau. Entre les différens strata, il se trouve souvent aussi des couches minces de terre argileuse, preuve qu'ils ont été formés successivement, et l'un sur l'autre, en conséquence de la formation et du dépôt de cette matière terreuse ; que le tout n'a pas été réduit dans une masse molle et liquide, qui, en refroidissant, a éclaté en lits horizontaux ; mais que la stratification originale a été conservée.

Cette opinion est admise même par le professeur Playfair. « Dans les lits de pierre de sable, rien n'est » plus commun que de voir des couches minces de » sable, séparées les unes des autres par des couches » encore plus minces d'une matière charbonneuse ou » micacée, qui sont exactement parallèles, et qui

(*) Théorie de la Terre, vol. 2, pag. 56.

» s'étendent à une grande distance, sans la moindre » diminution. Ces plans ont pu tenir leur parallélisme » de la propriété de l'eau qui a rendu les surfaces de ces » couches, qu'elle a déposées, parallèles à sa surface; » et par conséquent parallèles l'une à l'autre. (*) » Mais, en admettant cela, la difficulté revient avec toute sa force. Si la pierre de sable a été consolidée par une fusion postérieure à son arrangement, comment ces divisions sont-elles restées distinctes, et ont-elles conservé leur exact parallélisme? Et comment la glaise interposée a-t-elle échappé à la consolidation?

La même difficulté a lieu pour les strata primitifs, qui, malgré leur position verticale actuelle, ont été, suivant la théorie de Hutton, originairement horizontaux. Pour résoudre cette difficulté, c'est M. Playfair qui nous fournit lui-même un des faits particuliers les plus concluans. « Dans les schistes micacés et talqueux sont souvent de petites veines de sable interposées avec les couches de mica ou de talc. J'ai un » échantillon d'une des sommités des Grampians, » où les plaques minces de substance talqueuse ou » asbestine, sont séparées par des couches de sable » quartzeux et très-fin, non consolidées (**). » Ces espèces de schiste, ayant plus ou moins la texture cristalline, doivent avoir été, sinon complettement, au moins presque fondues, comme on en convient, et comme on le suppose. Comment donc sont-elles restées divisées en couches minces, dans un parallélisme très-exact, et dans une plus grande étendue même que celle des strata secondaires? ou bien, comment le sable interposé dans les couches a-t-il échappé à la parfaite consolidation? S'il est aussi fusible que le schiste, ou presqu'aussi fusible, il est

(*) Explication, etc. pag. 112.

(**) Explication, etc. pag. 56.

clair qu'il a dû être vitrifié ou agglutiné, et en conséquence parfaitement consolidé. S'il a été moins fusible, il est aussi évident qu'il a dû être incorporé ou cimenté dans le schiste fondu. Ces strata sont supposés avoir été d'abord horizontaux. Supposons le premier stratum de dessous consolidé; sur lui s'est déposé un lit de sable; sur ce dernier s'est formé par la fusion un autre stratum de schiste; mais il est certain que la matière de ce stratum, fondue ou amollie, doit, par son simple poids, avoir enveloppé les particules de sable qui se trouvoient au dessous d'elle; et, lorsque nous réfléchissons à la suite de ces couches successives, la difficulté augmente encore; la chaleur qui a agi au dessous de ces couches doit avoir été intense, et en même temps la pression très-grande. Ainsi, dans aucune hypothèse favorable à la théorie de Hutton, le sable détaché en petites parties ne peut se trouver consolidé entre les couches, ni la division de ces couches elles-mêmes être expliquée.

Si nous considérons la difficulté sous le rapport des strata qui alternent, la force de l'argument augmente encore. Quelle est la cause qui a produit les divisions entre les strata ? Dans les principes Huttoniens on ne peut admettre la supposition d'une formation successive, que la théorie Neptunienne explique parfaitement. Supposons la matière déposée, fondue ou amollie, et consolidée, comment un autre stratum, d'une matière d'espèce différente, s'est-il formé sur elle? car, pour le former, il a fallu ramasser des matériaux; mais ceux-ci, selon la théorie, ne peuvent se consolider sans chaleur. La chaleur nécessaire pour produire cet effet, ne pouvant venir que du dessous, doit agir encore avec plus de force sur le stratum qui est la base de ces matériaux détachés, et presque toujours le fondre complettement, puisque, dans les différentes positions et les alternations des strata, les moins fusibles sont souvent placés au dessus de ceux qui le sont

davantage. Dans ce système, il n'y a donc point de provision faite pour la formation d'un nombre de strata posés les uns sur les autres. Le stratum de dessus ne peut avoir été formé le dernier, parce que la chaleur nécessaire pour sa consolidation doit avoir fondu ceux de dessous, et ses matériaux, par conséquent, se sont enfoncés et incorporés dans la matière fondue, avant qu'ils se soient consolidés. Le stratum de dessous ne peut avoir été formé, ni élevé de manière à être exactement appliqué à celui qui est au dessus de lui, et cela dans une série immense : enfin, on ne peut supposer que la formation ait été simultanée, parce qu'on ne voit pas comment le degré de chaleur nécessaire n'auroit pas rendu le tout homologue, ni comment ensuite il auroit divisé la matière en strata horizontaux, distincts, de la plus grande étendue, de substances différentes, et variées sous le rapport de la fusibilité et de la dureté.

En examinant les positions et les connexions des strata actuels, les difficultés peuvent s'éclaircir beaucoup; mais, pour éviter une ennuyeuse discussion, je ne parlerai que de quelques-unes des positions qui sont les plus visibles.

Il n'y a pas d'alternation plus fréquente que celle des strata calcaires et argileux. Pour expliquer leur consolidation, l'Huttonien suppose qu'ils ont été dans un état de fusion ou d'amollissement; mais, si cela étoit vrai, par l'attraction entre les terres qui les composent, ils ont dû se combiner en une masse entièrement homogène, et non en strata alternans et distincts ; ou au moins, à leur point de contact, ils ont dû être unis, et toute trace de première stratification a dû être effacée : mais, au lieu d'une union de cette espèce, la ligne de séparation est très-distincte, et souvent même assez pour qu'il n'y ait pas entre les couches une forte adhésion.

Une autre alternation très-commune est celle de la

pierre calcaire avec l'argilite, qui continue dans une suite très-étendue; l'une d'elles doit être plus fusible que l'autre; et, comme elles alternent, il est indifférent de savoir quelle est celle qui l'est plus ou moins. Supposons, et le fait est probable, que c'est la pierre de chaux qui est le moins fusible : sur elle ont été déposées dans l'Océan des couches d'argilite; et, comme celles-ci sont supposées plus fusibles que la pierre de chaux, il est possible que la chaleur centrale ait opéré à travers la dernière sans la fondre, et ait consolidé la première. Mais sur ce stratum d'argilite il y a un autre stratum de pierre calcaire. Comment celui-ci a-t-il été consolidé? Par la supposition, l'argilite est plus fusible; la chaleur centrale n'auroit donc pu opérer à travers elle, de manière à aller consolider les substances de la pierre de chaux, sans fondre cette argilite; et, par cette fusion, les parties de la pierre calcaire auroient été nécessairement incorporées dans l'argilite. Lorsque nous réfléchissons qu'il existe une alternation de cette espèce dans des séries fort grandes qui ont éprouvé, dans les parties les plus basses, une chaleur très-considérable et une grande pression, il est évidemment impossible que ces différens strata aient été consolidés par une chaleur centrale, et soient demeurés distincts.

Des strata de roches de sel sont souvent recouverts par des strata de pierre de sable ou de chaux. Le géologue Huttonien doit supposer que cette pierre de sable a été consolidée par une chaleur centrale, agissant à travers la roche salée qui est au dessous; mais cela est impossible. Le sel est une substance comparativement très-fusible, puisqu'elle peut se volatiliser par la chaleur d'un simple fourneau de poterie, tandis que la pierre de sable est très-infusible. Ainsi, pour amollir la pierre de sable dans cette position, la chaleur a dû fondre le sel par dessous; et, comme cette dernière substance est d'une gravité spécifique

moindre, la pierre de sable auroit dû s'y être enfoncée, et l'arrangement observé dans la nature n'auroit jamais pu avoir lieu.

Enfin, nous avons une foule d'exemples de strata consolidés plus ou moins les uns sur les autres, et par conséquent plus ou moins éloignés du pouvoir consolidant, quoiqu'on ne puisse attribuer leur différence à la différente fusibilité des substances qui les composent. Un exemple rendra la chose évidente. Dans une section des strata de Newcastle, on trouve le charbon à la profondeur de 102 pieds. Sur lui est un lit de glaise noire de 13 pieds, offrant des impressions de fougère; au dessus est un autre lit de glaise durcie de 26 pieds d'épaisseur. Le stratum qui repose sur tout cela est une pierre de sable quartzeuse dure, avec des taches de mica de 25 pieds d'épaisseur; et celui-ci est encore recouvert de glaise. Comment cette pierre de sable a-t-elle pu être consolidée par la chaleur souterraine, ayant eu au dessous d'elle tant de pieds d'argile, beaucoup plus près de l'opération de la chaleur, et qui n'a pas été même durcie ? Nous pouvons assurer que cela est impossible. Cet exemple n'est pas rare : il en existe plusieurs parfaitement semblables, tels que des bancs de glaise de 80, 100 toises, ou plus en épaisseur, et supportant une pierre de sable parfaitement consolidée; diversifiés par des alternations de pierres calcaires, de gypse, de charbon, et une grande variété de strata secondaires. Il n'est pas possible de concevoir un arrangement qui indique plus clairement qu'ils sont, dès leur origine, des dépôts successifs faits par l'eau, différens dans leur consolidation, d'après les différentes forces d'agrégation, qui ont agi entre les particules de chacune; et que c'est là le seul et unique changement qui ait bouleversé ou modifié leur première stratification. Si les géologues Huttoniens pouvoient avancer des faits aussi remarquables contre la théorie Neptunienne, ils justifie-

roient cet air de triomphe qu'ils ont montré quelquefois dans le cours de la discussion.

Le fait est, que, dans cette partie, la théorie de Hutton s'est emparée tacitement de l'explication du système Neptunien, — que la stratification est l'effet des dépôts successifs de l'eau; et l'auteur ne s'est pas aperçu que cette explication étoit incompatible avec ses propres principes; puisque, par la fusion subséquente, l'arrangement original doit avoir été détruit. Les positions actuelles des strata sont aussi totalement inconciliables avec la notion de leur consolidation effectuée par la fusion, comme le prouvent les exemples cités. Le système Huttonien a donc le singulier malheur de ne pouvoir expliquer le premier et le plus important de tous les faits qui concernent une théorie de la terre, — la stratification générale des matériaux à la surface du globe.

Il nous reste à examiner l'explication du docteur Hutton sur *les roches non stratifiées.* Ce sont principalement le granite, les variétés de porphyre, le basalte, le trapp ou le whin, fossiles qui, indépendamment de leur caractère général, de n'être pas stratifiés, se graduent l'un dans l'autre.

Les géologues ont toujours pensé que les roches principales de cette classe étoient les plus anciennes du globe. Le granite, en particulier, est considéré comme la base de toutes les autres. Le docteur Hutton soutient précisément le contraire, et dit que ces roches sont de formation récente, ou postérieure à celle des strata primaires ou secondaires qui reposent sur elles. La formation de ces roches, dans le système Huttonien, est attribuée à l'éruption d'une matière fondue dans les parties intérieures de la terre parmi les strata supérieurs. On conçoit que, par la chaleur souterraine, qui est toujours active, une immense quantité de matière est réservée dans un état de fusion; que, par-tout où le pouvoir expansif augmente, les strata

supérieurs sont élevés, qu'une partie de cette matière y est injectée; et que cela, consolidé par le refroidissement, forme le granite, le porphyre, le basalte, le trapp, selon la composition de la matière qui est en fusion.

Nous examinerons ensuite, en faveur de l'origine ignée de ces roches, les argumens tirés de leurs propriétés. Maintenant nous allons nous occuper de ceux qui sont tirés de leurs positions.

Le principal, et celui sur lequel se sont fort étendus les partisans de la théorie de Hutton, est que les veines de ces roches non stratifiées, au moins celles de whin et de granite, s'insinuent dans les strata voisins. On admet que les veines sont d'une formation postérieure à celle des strata où on les trouve; cette apparence de veines de whin et de granite, injectées dans les strata, prouve donc qu'elles ont été formées les dernières. On suppose que la matière dont elles se composent a été injectée, pendant l'état fluide, dans les crevasses et les cavités de ces strata, et qu'après la consolidation, elles ont donné les apparences actuelles. Et, comme ces veines partent souvent d'une masse immense de whin ou de granite, ou sont liées avec elles, il semble qu'elles doivent avoir la même origine.

Ces phénomènes sont expliqués dans le système du Neptuniste par l'opinion, que le granite est de formation différente. Dans la théorie Wernérienne, le granite est considéré comme la roche à laquelle le titre de primitive appartient plus particulièrement, comme ayant précédé dans sa formation le gneiss, le schiste micacé, et les autres roches de la même classe. Mais, quoique ses positions, par rapport à ces strata, démontrent cette vérité, cependant, dans quelques circonstances particulières, nous sommes forcés de convenir qu'il est d'une formation plus récente. Ainsi, on rencontre quelquefois un stratum de granite posé

sur

sur les autres roches, ou placé entre elles; ce qui prouve qu'il a dû être d'une formation postérieure à la leur. Aussi a-t-on trouvé des échantillons de granite qui contenoient des morceaux de gneiss, et même d'argilite; autre démonstration du même fait. Cette diversité de temps, pour la formation de ces roches, appartient réellement à toutes. Lorsqu'on dit que le granite est plus ancien que le gneiss, et le gneiss plus que le schiste micacé, on ne pense pas que cela soit universel, mais seulement général, et non sans exceptions dans chaque ordre de ces roches. Cela une fois établi, il est aisé d'expliquer les phénomènes des veines de granite qui pénètrent les strata : ils appartiennent à la classe des faits dont nous nous servons maintenant pour prouver que, dans quelques cas, le granite est de formation plus récente que les autres roches nommées *primitives*. Selon la théorie Wernérienne, les veines étoient d'abord des fentes dans les roches ou strata : ces fentes se sont faites tandis que les strata étoient recouverts de l'eau qui contenoit en dissolution une certaine matière; et elles furent remplies de ces matières par le dépôt ou la cristallisation. On conçoit donc que, de cette manière, le granite peut avoir été introduit dans les fentes des strata primitifs.

Le professeur Playfair a observé que cette distinction entre le granite de formation ancienne et récente, étoit purement hypothétique. « C'est une » fiction, dit-il, inventée pour accorder le fait ici » mentionné avec le système général de la déposition » aqueuse, et qui n'est appuyée par aucun autre phé- » nomène (*) » D'après les faits exposés, il est clair que c'est plutôt une conclusion directe des phénomènes; et le raisonnement qui sert à la déduire est absolument le même que celui de toutes les

(*) Explication, pag. 231.

autres conclusions géologiques. On observe dans toutes les veines des indications de dates différentes pour la formation, soit entre elles-mêmes, soit entre elles et les strata; et il n'y a pas de raison de supposer des exceptions pour les veines de granite. Cette opinion, que le granite en masse et le granite en veines sont des productions de périodes différentes, est appuyée par d'autres faits que ceux dont on l'a déduite; ainsi on observe que, dans beaucoup de cas, le granite en veines est différent de l'autre par ses propriétés. On peut même en appeler ici à l'autorité de M. Playfair lui-même. Il admet que le *whinstone*, dans lequel le granite se gradue, et qui appartient à la même classe de roches, est de formation différente. « Ces roches, » non stratifiées, distinguées par le nom de *whins-* » *tone*, ne sont pas le travail de la même période; » elles diffèrent évidemment par la date de leur for- » mation; et il n'est pas rare de trouver des masses » tabulaires de whin coupées par une autre (*). » On admet que le whin et le granite sont la même chose, puisque, dans le système Huttonien, on croit que ces deux espèces de roches ont été formées précisément de la même manière. Ce n'est pas seulement ici une simple présomption, mais le fait avoué par le professeur Playfair, comme preuve des différentes formations du whin, est vrai également pour le granite. On a souvent vu des strata de granite coupés aussi par des veines de granite, distinctes cependant de la roche où elles circulent, par une couleur ou un grain différent. Tous les minéralogistes conviennent que les veines sont d'une formation postérieure à celle des strata par lesquels elles passent; et, selon le raisonnement de M. Playfair, pour cette fois très-juste, ce fait doit être admis comme une preuve décisive, que ces granites ne sont pas une production de la même période.

(*) Explication, pag. 220.

On peut donc regarder comme prouvé, que le granite est de formation différente; cette proposition une fois admise, le phénomène des veines de granite est résolu sans objection.

On peut donner la même solution pour les veines de whin dans les strata; puisqu'on admet qu'elles ont été formées dans des temps différens, on doit donc en raisonner comme d'une production récente.

On a avancé, comme un argument en faveur de l'origine ignée de ces roches, que, lorsqu'elles viennent en contact avec les strata, ou par-tout où elles entrent dans ces strata, ils sont durcis au point de contact. Ceci arrive sur-tout pour le whin, et est regardé comme une preuve que le whin, ayant été introduit dans un état de fusion, a, par sa chaleur, consolidé plus parfaitement la matière de ces strata. « Qu'ils soient de sable ou d'argile, ils sont ordinai-» rement très-durs et bien consolidés; dans le pre-» mier cas, en particulier, ils perdent leur texture » détachée et granuleuse, et sont souvent changés en » jaspe parfait (*). »

Ces altérations, et d'autres qu'éprouvent les strata, sont attribuées, par Werner, à l'action du dissolvant qui remplit les veines. Celui-ci a coulé dans une certaine étendue à travers les roches environnantes, et par l'action chimique qui a opéré sur lui, comme Werner le suppose; ou peut-être, en déposant une partie de la matière qu'il avoit en dissolution, il a pu changer ses apparences et ses propriétés. Ainsi, dans l'exemple présent, si dans la fente d'un stratum de pierre de sable il s'est introduit un fluide tenant en dissolution une matière de trapp, il a dû couler dans une grande étendue à travers cette pierre qui est généralement poreuse, et la matière déposée dans la pierre de sable a pu lui donner, par son écoulement,

(*) Explication, pag. 212.

la dureté du jaspe. Le jaspe est précisément un fossile qu'on peut regarder comme tenant son origine d'un mélange de cette espèce, puisqu'il est composé d'une terre siliceuse, et sur-tout d'une grande partie de terre argileuse.

Comme hypothèse, cette explication est assez probable ; et la preuve qu'elle est juste, c'est que ces altérations dans les roches voisines sont souvent telles, que le géologue Huttonien ne peut les expliquer par la supposition d'une matière mise en fusion dans les veines par l'effet de la chaleur. Ce n'est pas toujours un durcissement qui a lieu, mais souvent l'effet précisément contraire. Ainsi, lorsque des veines traversent le granite ou le gneiss, le feldspath est souvent changé en kaolin ou argile fine, comme il l'est par son exposition à l'air et à l'humidité ; le mica est aussi décomposé, ainsi que le hornblende, en siénite, de sorte que la dernière devient une matière terreuse, friable, de couleur verte. « La montagne de Scharfenberg est » d'un granite rouge, très-dur, et d'un grain égal ; il » est traversé par des veines métalliques, dont la » *gangue* est un quartz blanc ou rose, un spath cal- » caire, et une glaise blanche. Le granite est ordi- » nairement plus décomposé dans les veines, le long » des côtés ; on n'y trouve ni feldspath, ni mica ; ces » deux substances sont suppléées par une argile gri- » sâtre, de la nature de la stéatite : cette décomposi- » tion s'étend jusqu'à 10 ou 12 pouces de chaque côté » de la veine ; au delà, le granite reprend son appa- » rence ordinaire. Quelquefois une roche de schiste » est changée en glaise grasse, qui forme une bor- » dure de quelques pouces d'épaisseur sur les côtés » de la veine (*). »

Il est clair que ces changemens sont précisément l'opposé de ce qui auroit été produit par la chaleur,

(*) Journal des Mines, nº XVIII et 85.

puisqu'ils sont tout ce que peut produire un fluide par son écoulement, et de plus, les effets d'une exposition à l'humidité. Si nous rapportons donc la métamorphose arrivée par les veines de whin dans les strata de pierre de sable, à une cause différente, nous renonçons à toute unité de théorie, et à tout principe capable de donner une explication satisfaisante. On peut avec justice attribuer l'apparence de la pierre de sable à la même cause que celle qui a produit le changement dans le granite ou le gneiss; et sa nature particulière, et celle de la pierre elle-même, peuvent venir de l'action du fluide dans son écoulement. Le contraste entre ces deux hypothèses est frappant : par un principe, le Wernérien explique *toutes* les altérations des roches contiguës aux veines; l'Huttonien n'explique qu'*une seule espèce* d'altération, puisqu'il y en a d'autres non seulement inexplicables, mais même sans le moindre rapport avec la supposition qui sert à expliquer *cette seule espèce*.

Dans quelques cas aussi, il paroît que la formation et le remplissage des veines ont été presque simultanés avec la consolidation des strata; et, dans cette circonstance, Werner a remarqué que la *gangue* participe considérablement de la nature de la roche, et que la roche à son tour est plus imprégnée de la matière de la veine. Si le cas a eu lieu pour quelques veines de whin dans les strata, le mélange et le durcissement qui en sont provenus, ont pu être plus complets.

Le durcissement qu'on observe là où les lits de whin sont en contact avec les strata de pierre de sable, peut être expliqué par le même principe; ou par l'écoulement du fluide chargé de particules de whin, ou par un degré de mélange formé presque simultanément. La même explication peut servir pour le durcissement des fragmens de pierre de sable trouvés dans les veines de whin, puisqu'ils indiquent qu'ils ont été saisis par l'écoulement qui a eu lieu à une très-grande étendue.

On peut ajouter un autre fait qui prouve que le durcissement doit, dans tous les cas, être attribué à la même cause : c'est que la pierre de sable est souvent très-dure lorsqu'elle est en contact avec les substances, où la cause assignée par le géologue Huttonien, — l'application d'une forte chaleur, n'a pu avoir lieu. M. Jameison observe que la pierre de sable très-dure est souvent recouverte d'argile et de wacke (*) : et on ne peut pas dire que cette argile ait pu, par un degré quelconque de chaleur, causer le durcissement d'un stratum de pierre de sable qui lui servoit de base; tandis que, par l'opération que nous avons indiquée, cet effet a pu être produit.

Le docteur Hutton observe que, lorsque les veines de whin traversent les strata de charbon, les propriétés de celui qui est contigu aux veines sont changées. « Il perd sa fusibilité, et paroît réduit presque à l'état de charbon de bois : » changement qu'il attribue au whin en fusion, et qui par sa chaleur en a chassé la matière bitumineuse. Le fait n'est pas toujours d'accord avec cette observation, et quelquefois c'est tout le contraire. Mais, quand cela se rencontre, on peut encore, comme pour toutes les altérations produites dans les strata par la course des veines, en trouver la cause dans l'opération du fluide qui a rempli la veine. Ce passage à travers le charbon a pu produire des changemens dans sa composition et ses propriétés; il a pu déposer une matière terreuse qui l'a rendu moins inflammable : et, lorsque nous savons qu'une cause pareille a décomposé le feldspath, le mica, le hornblende, on peut hardiment supposer aussi qu'elle a pu enlever au charbon sa partie bitumineuse, ou la décomposer. C'est à une des deux causes, ou à toutes les deux, qu'est dû le changement de propriétés dans ce fossile.

(*) Journal de Nicholson, vol. 3.

Ce fait est important sous un autre point de vue, puisqu'il peut servir à démontrer la fausseté de l'hypothèse Huttonienne. La différence entre le vhin et la lave, dit-on, est que le premier a été en fusion sous une pression immense, tandis que l'autre a été en fusion à la surface; et cette différence est regardée comme la cause de quelques particularités de l'une comparées avec les particularités de l'autre. On la donne comme la cause du plus ou du moins de porosité dans la lave, et de la solidité dans le vhin, puisque pour ce dernier l'air a été comprimé, tandis qu'il a échappé pour l'autre; elle est également la cause du spath calcaire qui se montre dans le whin, tandis que la lave n'en contient pas, la compression présente pendant la fusion du premier ayant empêché l'évaporation de l'acide carbonique. On admet cependant que, par-tout où le whin a été en fusion sans cette compression, il doit avoir pris les caractères propres de la lave; il doit être plus ou moins poreux, et ne pas contenir de carbonate de chaux. Dans le fait cité au sujet du charbon, on convient que la compression n'a pas eu lieu, et qu'il a été séparé de sa matière bitumineuse. On ne soutiendra pas qu'à quelques pouces de distance l'un de l'autre, la compression se soit éloignée du charbon pour venir agir sur le whin en fusion. Si, dans cette situation, il n'y a dans le whin aucun carbonate de chaux, soit dans sa composition, soit dans un état de cristallisation séparé (et il est probable qu'il y en a); ou même si le whin ne diffère presque pas dans ses apparences du whin commun, et se rapproche de la lave, nous avons une démonstration sans réponse de la fausseté de quelques-unes de ces suppositions qui constituent la théorie Huttonienne.

De plus, on avance que « si le dérangement des » strata par-tout où abondent les veines de *whins-* » *tone*, n'est pas une preuve directe de la fluidité

» originale de cette roche, il est une indication claire » de la violence avec laquelle elle a pris sa place (*). »

Mais de semblables apparences ne sont pas des effets nécessaires de l'invasion des ruisseaux de whin fondu dans les strata, et le contraire est prouvé par les marques du plus grand calme qui a accompagné l'entrée des veines dans ces roches, ou dans celles de granite. Les veines de whin traversent le charbon sans la moindre dislocation dans ses lits; et les veines de granite sont souvent accompagnées de ces marques de violence qu'on peut attendre de son irruption dans les strata voisins. L'absence de ces marques dans beaucoup de cas donne un argument qui a au moins autant de force que celui de leur présence dans d'autres cas; et en effet, lorsqu'on les rencontre, on convient qu'elles ne peuvent prouver la fluidité originale de ces masses.

Dans le système Neptunien, il n'y a nulle difficulté pour expliquer toutes ces apparences, et quelques-unes même sont avancées par Werner comme preuves de sa théorie des veines. Selon cette théorie, les crevasses dans les roches et les strata, qui, remplies postérieurement, forment des veines, sont en général l'effet d'un dépôt inégal d'une roche sur laquelle elles se trouvent; une partie de ce dépôt vient de la différence en hauteur des matériaux qui le composent, ou du manque de support dans la roche contiguë qui s'est plus ou moins enfoncée. Il est évident, donc que la roche du côté de la fente produite par cette cause, sera plus basse que la roche de l'autre côté; de là viennent les fentes des strata observées sur les côtés des veines. L'enfoncement de ces strata qui forment les fentes, a eu lieu dans différens temps, comme les apparences des veines le prouvent, parti-

(*) Explication, etc., pag. 213.

culièrement lorsqu'une veine en croise une autre; il est aisé par cette circonstance d'expliquer les dislocations. Si, après qu'une veine a été formée, un nouveau dépôt a lieu dans la roche où elle est située, il est évident que, soit dans la veine elle-même, soit dans les parties contiguës, il faut qu'il y ait une dislocation plus ou moins étendue.

On observe aussi comme un fait très-favorable à la théorie Neptunienne, sur les bouleversemens, que les fentes qui ont lieu au relèvement des strata, sont souvent remplies de substances, telles que l'argile grasse ou le sable, qui ne peuvent être supposées y avoir été injectées par une force de projectile, ou avoir produit dans l'ordre établi une altération par la violence de leur introduction.

On ajoute que le whin est placé en masses tabulaires entre les lits des roches stratifiées. « Il n'est » pas rare de trouver dans quelques endroits des » strata contigus au whin, élevés, et courbés, avec » leur courbure en haut, de manière à paroître clai» rement avoir éprouvé un choc venu d'en bas, » dans le moment qu'ils étoient amollis et rendus en » quelque sorte flexibles (*). » Une apparence de cette espèce cependant peut également venir du dépôt de certaines parties des strata, tandis qu'ils étoient mous et flexibles, aussi bien que de l'élévation de leurs autres parties; conséquemment, de telles apparences ne donnent pas d'indications certaines de la nature de la cause qui les a produites.

Le dernier argument, tiré de la position du whin, est ainsi présenté par le professeur Playfair: « S'il » est vrai que les masses de whin, interposées dans » les strata, y ont été introduites après la formation » des derniers, nous devons trouver, au moins dans

---

(*) Explication, etc. pag. 214.

dans lesquels l'argilite est interposée, gardent également leurs propriétés ; de plus on ne supposera pas que les strata aient été divisés par l'introduction de l'argilite entre eux au moment de la fusion. Il faut admettre qu'ils sont de formation successive ; et l'argument du savant professeur peut, dans ce cas, être dirigé avec beaucoup de force contre son propre système ; car s'ils ont été formés de la même manière, comme on en convient, quelle cause a donc déterminé la formation et la déposition de l'argilite, entre la formation des strata de pierre calcaire ; et comment ces derniers seroient-ils les mêmes, puisque les temps de leur formation ont dû être nécessairement différens ?

On peut apprécier maintenant la force de cette objection. Si la ressemblance des strata, séparés par l'interposition de masses de roches différentes, se bornoit au cas particulier où le whin est la substance interposée, alors l'argument fait en faveur du système Huttonien auroit quelque force ; mais ce phénomène est général ; on l'observe également dans les alternations des strata primaires ou secondaires les uns avec les autres ; et, dans ces circonstances, l'Huttonien ne peut pas plus que le Neptunien, donner une explication de la ressemblance qui existe entre les strata séparés, ni de leur dissemblance avec le stratum interposé. Il ne faut pas oublier que ces inductions, qui constituent nos théories, ne peuvent être complettes pour tous les cas ; et qu'il doit se trouver souvent des apparences que l'imperfection de nos connoissances ne nous permet pas d'expliquer. La question actuelle est de cette espèce : soit que nous rapportions la formation des strata à la seule action de l'eau, ou à l'opération du feu, nous trouverons également difficile d'assigner des causes précises pour la différence totale dans la nature des fossiles contigus et des roches, qui doivent avoir été formés à peu près

dans le même temps, ou pour la série des alternations qu'ils observent entre eux. Werner considère ces faits comme des preuves que le fluide cahotique, à différentes périodes, a tenu différentes substances en dissolution; ce qui a produit une succession de strata de différentes espèces. Cette même solution aussi peut avoir formé des dépôts successifs de différentes espèces, selon l'action des affinités variées par chacune des combinaisons qui ont eu lieu.

Cette alternation de strata conduit à l'examen d'un des points les plus importans en géologie, — le passage de différentes espèces de roches et de strata les uns dans les autres. Dans ces exemples d'alternation, qui ont été le sujet de la discussion, la ligne de séparation entre les masses contiguës est supposée être parfaitement distincte, ce qui arrive souvent; mais, dans beaucoup d'autres cas, la transition est graduelle, ou une partie de la roche passe insensiblement dans l'autre; et, lorsque ce passage a lieu des roches non stratifiées dans celles qui sont stratifiées, c'est un phénomène qui renverse l'hypothèse Huttonienne sur la formation de ces roches.

Selon cette hypothèse, les roches stratifiées et non stratifiées ont été formées dans des temps, et même par des moyens différens. Les premières ont été d'abord arrangées et consolidées, et ensuite la matière qui compose les roches non stratifiées a été injectée sur les autres dans l'état de fusion, et en a rempli toutes les anfractuosités. D'après cela, il est évident que la ligne de distinction entre elles devroit être toujours bien marquée. Il peut y avoir une légère altération dans l'apparence ou la dureté de la roche stratifiée, causée par la chaleur de la matière fondue qui est mise en contact avec elle; mais ce ne peut jamais être une gradation imperceptible, ou une simple transition de l'une dans l'autre, puisque, si toutes deux ont été formées de la même manière, comme le veut l'hypo-

thèse de Hutton, une telle gradation ne peut être rien autre chose qu'une exception à la règle générale.

Cette transition, donc, des roches non stratifiées dans les roches stratifiées, étant si peu favorable à l'hypothèse Huttonienne, ont ainsi essayé de la « rejeter. Si, dans ces circonstances, dit M. Playfair, » comme quelques-uns l'ont avancé, la gradation » entre les strata et la masse interposée est si insen- » sible, qu'il soit impossible de marquer le point » où l'un finit, et où l'autre commence, quelques » difficultés que nous puissions rencontrer dans la » théorie Neptunienne, il nous paroît difficile de lui en » substituer une meilleure. Mais, pour le cas que nous » traitons dans ce moment, il est évident qu'il n'existe » aucune gradation de cette espèce; et que, quoiqu'on » observe souvent, à l'endroit où les deux roches sont » en contact, un changement sur les strata qui ont » acquis un degré de dureté de plus, cependant la » ligne de séparation est bien marquée, et peut être » fixée avec précision. Il est certain du moins, qu'on » trouve par-tout des échantillons qui portent ces » lignes de séparation; et toutes les fois qu'on a l'at- » tention de se procurer un fragment de pierre nou- » vellement cassée, et d'éloigner les effets des causes » accidentelles, même lorsque deux roches semblables » sont exactement réunies, je suis persuadé qu'il ne » peut plus rester le moindre doute sur la ligne de » leur séparation. C'est pour cela qu'il paroît pro- » bable que la transition graduelle des basaltes dans » les strata voisins, est, dans tous les cas, imaginaire, « et en vérité une pure illusion, fruit d'une obser- » vation faite à la hâte et sans soins (*). »

Cependant les observations faites sur la transition des roches non stratifiées dans les roches stratifiées,

(*) Explication, etc., pag. 215

reposent sur des autorités trop fortes pour être détruites par une pareille assertion. Elles sont établies sur l'autorité de Werner, regardé comme le minéralogiste le plus habile de son siècle, et dont les opinions, parce qu'elles ne s'accordent pas avec les vues du théoriste, ne doivent point être qualifiées d'inexactes et de pures illusions; elles sont reconnues par Saussure, Charpentier, Reuss, et les plus fameux géologues. En effet, le professeur Playfair, dans la suite de son ouvrage, revient sur l'assertion déjà citée : « Je sens, dit-il, que je dois mettre quelque » restriction à ce que j'ai avancé dans le § 105, au sujet » de mon incrédulité sur les transitions telles qu'on » les a représentées. L'habileté et l'expérience du mi- » néralogiste qui a décrit les strata de Scheibenberg, » ne nous permet pas de douter de son exactitude; » quoique les apparences soient telles qu'on pourroit » bien supposer qu'elles sont dues à la décomposition » et à la dégradation. » Cet aveu montre assez la répugnance qu'on a éprouvée pour accorder le fait; et réellement c'est un de ceux qui ont le plus de force contre la théorie Huttonienne sur les roches non stratifiées, et qui n'est combattu que par une supposition improbable.

Les observations de Werner sur la transition du basalte dans les roches non stratifiées, sont de la première importance, et son raisonnement est convaincant et juste. Au bas de la colline de Scheibenberg, il observe, « qu'il y a d'abord un banc épais de sable » de quartz; sur lui un lit d'argile; ensuite une » couche de pierre argileuse, appelé *wacke*, et sur » celle-ci repose le basalte. A la vue de ces trois pre- » miers lits, placés presque horizontalement sous le » basalte, et formant sa base, de ce sable devenu plus » fin par dessus; de cette pierre argileuse changée en » véritable glaise; de cette glaise changée en wacke » dans la partie inférieure; et finalement de la wacke

» changée en basalte;—en un mot, après avoir trouvé » une transition parfaite du sable pur dans le sable » argileux, de celui-ci dans l'argile sablonneuse, et » de cette dernière, après plusieurs gradations, dans » l'argile grasse, la wacke, et enfin dans le basalte,— » je fus irrésistiblement porté à conclure (comme » tout juge impartial l'auroit été), que le basalte, » la wacke, l'argile et le sable, sont d'une seule et » même formation; qu'ils sont tous l'effet d'une pré- » cipitation par la voie humide, qui a eu lieu pendant » une des submersions de ce pays; que les eaux qui le » couvroient ont d'abord apporté le sable, ensuite » déposé l'argile, et qu'elles ont graduellement changé » leur précipité en wacke, et enfin en véritable » basalte. »

Pour tâcher de jeter du doute sur ces observations de Werner, après avoir fait quelques remarques qui montrent de la peine à les admettre, le professeur Playfair propose une hypothèse pour les expliquer selon le système de Hutton : « Il est certain, » dit-il, que la base du *whinstone*, ou la matière » dont il a été préparé par l'action de la chaleur » souterraine, est l'argile dans un état quelconque, » et probablement dans celui de schiste argileux, » et peut être converti en *whinstone* par la cha- » leur. Ainsi, lorsque le *whinstone* en fusion a coulé » sur une roche de schiste, par sa chaleur, il a pu » convertir une partie de cette roche en une pierre » qui lui ressemble; il peut maintenant nous pa- » roitre réuni, par une gradation insensible, au stra- » tum sur lequel il repose : on doit s'attendre à des » phénomènes de cette espèce, quoique rarement, » puisque, pour les produire, il faut nécessairement » une combinaison de circonstances toutes particu- » lières (*). »

(*) Explication, pag. 192.

Les

Les conclusions se suivent ici avec une grande rapidité, comme si elles étoient naturelles et incontestables; cependant elles ne sont qu'une série d'hypothèses mises en avant pour accorder, s'il est possible, le fait de la gradation de ces roches avec le système Huttonien; mais sans aucune preuve, et même sans probabilité. Il n'est pas prouvé, ou il n'est pas probable, que le whin soit formé d'un schiste argileux, par le feu. Au contraire, la composition du basalte est particulière, puisque, selon l'analyse du docteur Kennedy, il contient une quantité de soude, qui est comparativement fort rare dans le règne minéral. Quand il seroit même prouvé que ce n'est pas comme schiste argileux, mais comme argile non consolidée, que le basalte a pu se mettre en contact avec ces strata, que le professeur Playfair tâche d'établir son hypothèse, en changeant l'argile en basalte par l'application de la chaleur. Enfin, quand les circonstances seroient les plus favorables; quand le stratum même, en contact avec le basalte, auroit été la même matière que celle qui compose le basalte; la chaleur de ce stratum de basalte en fusion n'auroit jamais pu, par son introduction supposée, changer un de ses lits immenses en wacke. Nous savons que la chaleur nécessaire pour fondre le basalte est très-considérable; nous observons qu'aux jonctions du whin avec les strata, à peine remarque-t-on quelques changemens, et que, s'il en existe de visibles, ils ne s'étendent pas plus loin qu'à quelques pouces. Quelles ont donc été les circonstances qui ont donné à ce jet de basalte en fusion le pouvoir de convertir, par sa chaleur, une grande couche d'argile en wacke, où elle va se perdre insensiblement? Si le basalte, dans l'état de fusion, est capable, par sa chaleur, de métamorphoser l'argile en une substance qui lui est analogue, il est clair que les strata, en contact avec lui, doivent toujours être extrêmement changés; et sur-

tout, si cette hypothèse étoit vraie, l'arrangement d'un lit d'argile ou de schiste sans altération par dessous, et en contact avec un stratum de basalte, ne pourroit avoir lieu. Cependant ces sortes de connexions ne sont pas rares. Bergman, par exemple, cite un basalte posé sur des couches minces de glaise ou de schiste bitumineux; et Kirwan, et d'autres minéralogistes, font mention d'un trapp alternant avec l'argilite. L'Huttonien en est donc réduit à ne pouvoir expliquer, ou la gradation de l'argile dans le basalte, ou le contact de cette roche avec l'argile sans altération. Enfin, la gradation générale observée dans cette montagne est comptée pour rien. Elle ne se borne pas seulement à celle de l'argile dans le wacke; mais elle s'étend encore du sable au basalte, à travers toute la série; et c'est évidemment violer les lois du raisonnement que de restreindre l'explication à une partie, et de lui donner une cause locale, ou de donner une cause particulière à cette partie, et à tout le reste une autre cause.

Ce n'est pas là le seul exemple de gradation de roches non stratifiées dans des roches stratifiées. On l'observe aussi quelquefois dans le granite; et c'est certainement une vérité géologique dont personne ne doute. Dans le système Neptunien, comme ces deux classes de roches sont supposées être de formation semblable, le phénomène n'est pas surprenant; mais, dans l'hypothèse Huttonienne, on ne peut en rendre raison. On avance que leur formation est entièrement différente. La matière de la masse non stratifiée est supposée avoir été jetée dans les strata pendant sa fusion; elle y a été fixée dans cet état, et peut par conséquent être réunie avec eux; mais il est tout-à-fait contradictoire à ce système, que l'une se gradue insensiblement dans l'autre. Dans chaque hypothèse, on peut donner une espèce d'explication de plusieurs phénomènes qui y ont rapport; mais, si la base n'est pas fondée sur la vérité, il y en

aura toujours quelques-uns qu'on ne pourra lui soumettre, et qui, comme preuve de sa fausseté, seront en opposition avec elle. Tel est le fait qui, dans l'hypothèse actuelle, concerne la gradation des roches non stratifiées dans les roches stratifiées; et les indications qui montrent l'origine de ces masses est si claire, que c'est avec justice qu'on les a considérées comme les preuves les plus favorables au système de Werner. Ce fait donne un coup mortel à la théorie des Vulcanistes, coup qui n'est pas moins fatal à l'hypothèse Plutonique.

Un autre fait moins défavorable à l'hypothèse Huttonienne sur la formation des roches, est qu'elles sont souvent trouvées stratifiées, comme le granite et le trapp. La stratification horizontale et verticale du granite est confirmée par les observations de Saussure, et d'autres minéralogistes, et adoptée par M. Playfair; cependant, comme le granite, selon son opinion, vient d'une matière en parfaite fusion, rejetée des régions centrales, nous ne voyons pas comment il a pu former autre chose que des masses irrégulières; et c'est avec aussi peu de raison que nous devons nous attendre à trouver sa stratification semblable à celle d'un banc de lave.

L'explication suivante est un effort fait pour éloigner cette difficulté. « Les roches, dont les parties sont » très-cristallisées, sont déjà admises comme apparte- » nant aux strata, tels que le marbre, le gueiss et » le granite veiné. Dans les deux derniers, nous avons » non seulement la stratification, mais encore la » structure schisteuse unie à la cristalline; et certai- » nement on ne peut voir nulle part mieux combi- » nés, et les effets de la déposition par l'eau, et ceux » de la fluidité par le feu. Ainsi la stratification de ces » substances est plus extraordinaire que celle même » du granite le mieux cristallisé. On ne peut expli- » quer ni l'une ni l'autre qu'en supposant que, pen-

» dant que la chaleur produisoit un degré de fluidité,
» capable de permettre au corps de se cristalliser en
» refroidissant, une grande pression, agissant de tous
» côtés, a retenu toute la masse dans sa place, de ma-
» nière à lui conserver la forme que la mer lui avoit
» donnée originellement (*). »

Il n'est pas aisé de découvrir ce qu'on entend ici par la forme originelle donnée par la mer, et conservée. Dans le système Huttonien, on suppose que le granite soit une matière qui a été entièrement fondue dans les régions centrales, et qui a fait éruption: si ces deux opérations ont eu lieu, sûrement on ne peut concevoir que le granite ait conservé sa stratification primitive. Et si on suppose que le granite n'a pu être formé de cette manière, mais que ses matériaux ont été fondus à la place même où ils ont été déposés, l'unité de la théorie est perdue, et nous avons maintenant deux hypothèses sur l'origine de cette roche.

D'ailleurs, quelle que soit la supposition, il est impossible de croire qu'une matière, complettement fondue, puisse conserver par la pression sa division originale en lits. Cette pression n'a pu empêcher que la pesanteur des parties supérieures n'agisse sur les parties inférieures; et, si elles ont été fluides, la pression doit avoir effacé toute trace de séparation. Ainsi la stratification du granite ne peut s'expliquer par l'hypothèse du professeur Playfair.

La stratification du trapp donne une objection concluante, et plus forte, puisque ses strata alternent généralement avec les autres. Il en existe un exemple à Habichtswalde, près Cassel : » Sur une
» pierre calcaire secondaire on trouve des strata
» de sable, d'argile, de wacke et de basalte, qui

(*) Explication, pag. 242.

» qui alternent jusqu'à trois fois, et toujours dans le » même ordre. Sur le 3ᵉ stratum de basalte on voit » un lit épais de charbon, qui est couvert d'une pierre » de sable quartzeux, contenant des restes de plantes » et du bois pétrifié. Enfin, sur cette pierre de sable » sont dans le même ordre qu'auparavant des strata » d'argile de wacke et de basalte; le sable contient » des coquilles de mer; les strata de basalte sont » mêlés avec un tuf basaltique, renfermant des frag- » mens de basaltes, l'olivine, et des *detritus* de végé- » taux (*). » Reuss et Dolomieu ont aussi observé des strata de basalte alternant avec des strata de pierre calcaire.

L'argument que cette disposition du trapp fournit contre la théorie de Hutton, au sujet de sa formation, est évident; on suppose que le trapp se soit jeté à travers les strata, et qu'il ait rempli leurs cavités et les espaces qui les séparoient. De cette manière, on peut concevoir la formation d'une roche ou d'une montagne de trapp. Mais est-il possible qu'il se soit formé des strata alternant les uns avec les autres? Que de suppositions nécessaires pour un arrangement tel que celui que nous avons cité plus haut : un stratum de pierre calcaire, ensuite un lit d'argile, un autre de sable, et sur celui-ci un espace vide, correspondant par sa dimension et sa direction aux strata de dessous; cet arrangement répété trois fois; et ces espaces vides remplis ensuite par le basalte fondu et la wacke injectée. On peut tout à la fois affirmer que ces suppositions sont inadmissibles; et que, si on les admettoit, leur extravagance seroit une réfutation suffisante du système qui les exigeroit. Si l'on dit que, dans le cas où le trapp est stratifié, il est formé de la même manière que les autres strata, par ses ma-

(*) Traité de minéralogie, par Brochant, tom. II, pag. 609.

tériaux déposés, amollis ou fondus, c'est au moins proposer deux modes de formation pour cette roche, et renoncer à la simplicité de la théorie. Le sacrifice ne seroit pas même grand, car l'arrangement ci-dessus mentionné où le *sable* et l'*argile* alternent avec les autres, exclut absolument toute opération du feu, et prouve que le tout doit avoir été formé par la puissance de l'eau.

Enfin, les restes et les impressions des substances organiques, trouvés dans le trapp, démontrent son origine aqueuse. Dans ce pays, où cette roche est abondante, ces apparences sont sans doute rares, et n'ont pas été observées. Mais, dans d'autres contrées elles paroissent être communes. Werner a trouvé dans une veine de wacke, à la profondeur de 150 toises, des arbres, avec les branches et les feuilles, pétrifiés; et on sait, d'après le même observateur, que différentes roches, de l'espèce du trapp, contiennent des coquilles marines, et même des os de quadrupèdes. Rien n'est plus clair, que de telles substances n'ont jamais pu être renfermées dans un ruisseau de matière fondue, lancée des régions centrales: ou bien, si elles y sont tombées après l'irruption, et pendant la fluidité, comme on le suppose, elles ont dû être détruites; et réellement les circonstances, dans quelques-uns de ces cas, sont inconciliables avec une pareille supposition.

Dans cette classe d'argumens, on peut considérer ceux qui sont tirés des apparences des veines, les substances qui remplissent leurs cavités étant décrites comme les minéraux non stratifiés.

Les veines sont exactement définies par le professeur Playfair: « Des défauts de continuité dans une » roche, d'une épaisseur déterminée, mais d'une » étendue indéfinie en longueur et en profondeur, » et remplis de substances minérales différentes de la

» roche elle-même (*). » Les minéralogistes conviennent que ces veines sont d'une formation postérieure à celle de la roche ou des strata où elles se trouvent; et l'état de cristallisation des substances qui les remplissent, démontre qu'elles y ont été introduites sous une forme fluide.

La théorie Huttonienne sur les veines est, qu'elles ont été formées par l'injection, que la matière injectée y est entrée dans l'état de fusion, et que cette matière fondue, en comblant les fentes et les cavités des strata, a consolidé et produit les veines minérales.

Dans la théorie de Werner, les cavités des veines ont été originairement des fentes dans les strata ou les roches, produites, pendant que celles-ci étoient encore molles et recouvertes par les eaux, par différentes causes, sur-tout par l'enfoncement inégal des masses au moment de leur consolidation, occasionnées par la densité variée de leurs substances, par leur élévation inégale, et par la diminution des eaux qui, en se retirant, ont ôté des côtés de la montagne l'appui mécanique qui la soutenoit. Les apparences des veines sont exactement semblables à celles qu'on peut voir dans les fentes produites par ces causes, comme leur direction qui se rapproche plus de la verticale que de l'horizontale, leur marche qui se fait sans beaucoup d'inflexion, leur diamètre qui diminue après une certaine étendue; et enfin leur disparition totale par le rapprochement de leurs côtés, tandis qu'à la surface ces veines restent généralement ouvertes, quoique dans une dimension plus petite.

Dans les fentes de cette espèce, le fluide contenant encore beaucoup de matière en dissolution, et couvrant la surface, a dû s'insinuer par-tout; et, la dis-

(*) Explication, pag. 151.

solution dans ces cavités étant en repos, les cristallisations de la matière dissoute ont dû prendre plus de régularité et moins de confusion que dans la formation des strata. Plusieurs de ces veines ont aussi été remplies par des cristallisations successives, et de là vient la grande variété des substances qu'on y trouve.

La formation de ces veines est de dates différentes, puisque les fentes qui en sont la cause ont eu lieu dans des temps différens. Cela est évident par le fait d'une veine qui en croise une autre sans interruption, ou sans altération dans sa matière. Une nouvelle fente s'est faite à travers la veine qui existoit, et elle a été remplie ensuite pour former une nouvelle veine : de tels croisemens souvent répétés prouvent que ces événemens ont eu lieu successivement. Ces crevasses réitérées dérangent souvent la direction de la veine, et sa situation relative aux côtés de la roche où elle existe.

Quelques-uns des argumens favorables à la théorie de Hutton, sur les veines minérales, sont tirés de la nature et des propriétés des substances qu'elles contiennent, comme leur insolubilité dans une menstrue, et les impressions mutuelles dans leur cristallisation. Nous en parlerons plus tard ; nous avons maintenant à considérer ceux qui viennent de la structure et des positions des veines.

Il est évident, dit-on, que la matière qui remplit les veines, n'y est point entrée dans l'état de solution, puisqu'il n'y a pas de traces de ce dissolvant dans la veine, et puisque la veine elle-même est tout-à-fait remplie.

Mais, si, comme on le prétend, l'entrée de la veine a été ouverte, ces apparences sont telles qu'on peut le désirer. On a déjà montré que la consolidation, ou la cristallisation, peut venir de la solution, sans qu'il soit nécessaire qu'il reste une partie sensible du

dissolvant ; et la matière, en se consolidant dans une cavité ouverte, a dû exclure le fluide séparé, à mesure qu'une nouvelle quantité de la solution arrivoit dans cette cavité pour le remplacer totalement. Ou bien, si le fluide est resté, il aura fini par quitter la veine partiellement remplie, pour s'insinuer dans la matière environnante par l'infiltration.

On dit : « Si les veines ont été remplies par le dépôt » en question, nous devons y trouver une stratifica- » tion horizontale semblable à celle qui est produite » par l'eau. » La structure ordinaire des veines minérales est celle des incrustations, ou ce sont des enveloppes parallèles attachées à ses côtés. Une substance, le spath calcaire, par exemple, ou le quartz, adhère immédiatement aux côtés de la roche; ensuite vient une masse de minerai, diversement mélangée avec ces substances, ou avec d'autres. Mais, si la théorie Neptunienne étoit vraie, ajoute-t-on, les matériaux seroient déposés en couches horizontales à travers les veines, au lieu d'être parallèles à leurs côtés. « Dans aucune supposition, dit-on, ces incrus- » tations ne peuvent être admises comme preuves » d'une déposition aqueuse. On peut bien, à la vé- » rité, en conclure que leur matière a été fluide au » temps de leur formation ; mais l'absence de toute » apparence horizontale équivaut à la démonstra- » tion de sa non fluidité par une solution dans une » menstrue. » Et plus loin, « si, comme le prétendent » les Neptunistes, les matières ont été déposées par » l'eau dans les veines, dans le calme le plus parfait, » il est étonnant que nous ne trouvions pas ces ma- » tières placées en couches horizontales, à travers les » veines, au lieu d'être parallèles à leurs côtés; et il » semble très-bizarre que les strata ordinaires, dé- » posés, comme nous l'avons dit, tandis que l'eau » étoit dans une grande agitation, aient si rigou- » reusement cédé aux lois de l'hydrostatique, et

» acquis, dans les plans de leur stratification, un « parallélisme qui approche si souvent de la précision » géométrique ; tandis que les substances des veines, » dans les circonstances les plus favorables pour pro- » duire le même effet, font presque le contraire, et » prennent une position, souvent à angles droits, par » rapport à celle que demandent les principes de » l'hydrostatique. Voilà un paradoxe créé par le sys- » tème Neptunien, et qui par conséquent n'est point » à expliquer (*). »

Il est bien aisé de répondre à cette objection ; et il est singulier que le professeur Playfair l'ait faite dans des termes à faire croire qu'elle soit une démonstration contre la théorie Neptunienne, tandis que la réponse est simple et satisfaisante. La matière qui remplit les veines est peut-être toujours cristallisée, ou a la structure assez cristalline pour montrer que c'est par cette espèce de consolidation qu'elle a été formé. Or, la cristallisation commence toujours par un *noyau* ou support, et, dans toutes les cavités, elle a lieu au fond et sur les côtés. C'est pourquoi, dans le cas d'une veine remplie par la solution de différentes espèces de matière, la substance la mieux disposée à se cristalliser, formera une incrustation sur les côtés et au fond, et ensuite celles qui ont le moins de dispositions à subir cette opération. Dans ces circonstances, il peut y avoir un mélange de substances. Werner regarde ce fait de l'incrustation des matériaux sur les côtés des veines, comme une preuve de sa théorie, et particulièrement les incrustations sur un côté étant toujours semblables, et disposées dans le même ordre que sur l'autre côté de la veine. On remarque aussi, comme d'accord avec la même théorie, que les différentes enveloppes

(*) Explication, pag. 161.

sont plus épaisses dans le fond de la veine, qu'elles ne le sont près de la surface.

Si, d'un autre côté, la veine a été remplie par l'injection de différentes espèces de matières en fusion, il est évident qu'elles ont dû immédiatement commencer à s'arranger d'elles-mêmes dans l'ordre de leur pesanteur spécifique ; que leur consolidation, par le refroidissement, n'a pu commencer de suite, et que, par conséquent, pendant la fluidité, la substance la plus lourde, le métal, par exemple, a dû gagner le fond, et la plus légère se placer à la surface; disposition qu'on n'a pas encore observée. Au moment de la concrétion, il est également clair que la matière la moins fusible a pris la première sa solidité, tandis que la plus fusible, restant encore fluide, a été forcée de se réunir quelque part. De cette manière, il ne pourroit exister aucun de ces mélanges, aucune de ces impressions mutuelles, qu'on observe généralement dans les matériaux des veines. Le refroidissement de la partie de la matière la plus proche du côté de la veine (cause assignée par M. Playfair), se seroit opposé à ces effets, et auroit dérangé la régularité de la consolidation. Ainsi, cette hypothèse ne rend point raison des apparences qu'offrent les veines actuellement.

On peut observer aussi, comme un fait important en géologie, que les veines se rencontrent avec celles dont les dispositions sont horizontales. Deluc en donne un exemple. Le fait n'appartient pas à la théorie de Hutton, puisqu'il prouve clairement que la veine a été remplie par une déposition venue d'en haut; et, le dépôt étant probablement plus mécanique que chimique, il en a pris la forme.

On avance comme un argument favorable au système Huttonien, sur la formation des veines, qu'elles « contiennent beaucoup d'indications d'une dissolu-

» tion violente et réitérée, » comme le déchirement et le soulèvement des strata et des veines.

Ces apparences, cependant, sont très-aisées à expliquer par la théorie de Werner : l'explication a déjà été donnée en réfutant l'argument sur l'origine ignée du whin, tiré du dérangement qu'occasionnent les veines dans les strata. Toutes les veines tirent leur origine des anfractuosités dans les strata; ces anfractuosités sont produites par les enfoncemens inégaux de ces strata, qui ont eu lieu successivement aussitôt après leur formation. Il est donc certain qu'ils doivent porter ces marques de dislocations citées dans l'objection; et, par conséquent, elles ne prouvent pas que ces apparences soient le produit de l'irruption d'une matière fluide venue d'en bas.

Werner regarde les variétés principales de la dislocation comme une des preuves les plus satisfaisantes de sa théorie, et la conclusion qu'il en tire conduit à des applications pratiques fort importantes pour l'art du mineur. Même dans ces dérangemens, il existe un certain ordre qu'on peut rattacher à un principe; tandis qu'en supposant la théorie de Hutton vraie, il n'y a rien que ruine et désordre. « Le fait de fragmens » de roches, trouvés isolés dans les veines, est certai- » nement favorable, dit-on, à la notion d'un fluide » pesant et injecté qui les a soutenus originairement. » En admettant que ces morceaux ne posent nulle part sur les côtés des veines, le phénomène s'explique facilement. Le fait lui-même prouve, par la vérité des apparences admises par Hutton, que les veines ont été souvent remplies, non tout à la fois, mais successivement; les substances voisines des côtés ont d'abord formé leur dépôt, et celles du milieu de la veine ont souvent été d'une formation plus récente. Il est donc naturel que, si, après une incrustation partielle de la veine, qui a diminué son diamètre, des fragmens de

roches ont été emportés par le cours du fluide, ou détachés par quelqu'enfoncement violent, ou par la subversion de la roche elle-même, et ont été introduits dans la cavité; il est naturel, dis-je, qu'ils y aient été soutenus par leurs côtés, et que la veine, venant ensuite à se remplir par de nouveaux dépôts, nous présente l'apparence d'un fragment isolé. Il est également possible qu'après qu'une veine a été remplie et parfaitement consolidée, il se soit fait une nouvelle fente dans la même direction; des morceaux de roche, venant à y tomber par les causes citées, peuvent y avoir été cimentés par une matière déposée par l'eau. C'est ainsi que Werner a expliqué l'origine des fragmens de cette espèce qu'on rencontre attachés dans les veines.

Un fait dans la structure des veines, incompatible avec la théorie de Hutton, et favorable à celle de Werner, sur le remplissage des veines par en haut, est celui des pétrifications des coquilles marines, et même des substances végétales qu'on y trouve souvent; un fait établi sur l'autorité de Werner et d'autres, et avoué par Hutton lui-même, ne peut être que très-concluant. Comme la matière qui remplit les veines est supposée, par l'Huttonien, avoir été lancée dans une parfaite fusion, il n'est pas possible de concevoir que ces substances soient venues des parties centrales du globe dans un jet de matières fondues, ou que, si le cas eût été possible, elles n'eussent éprouvé aucun changement; tandis que l'explication de leur origine est simple et naturelle, lorsque nous supposons que la matière où elles sont est un dépôt de la mer.

On peut tirer un argument de la même force, de ce que quelquefois les veines sont remplies de substances qui naturellement ne peuvent éprouver la fusion. Ainsi, Werner cite une veine à Riegelsdorf, dans la Hesse, dont la composition n'est rien

[redacted]

autre chose que du sable et des pierres arrondies. Schreiber en cite une autre dans une montagne près d'Allemont, remplie de terre argileuse; des morceaux de gneiss roulés, et qui interceptent les veines métalliques (*). Rien ne prouve plus sûrement que les veines sont remplies par en haut, et ne sont pas formées par des irruptions venues d'en bas.

L'altération et la décomposition de la roche sur les côtés de la veine ont déjà été notées comme mieux expliquées par la théorie Neptunienne, que par la théorie Huttonienne. La décomposition du granite, du hornblende, et du gneiss, en argile ou terre grasse, dans l'étendue de quelques pouces sur le côté de la veine, ne peut s'expliquer que par l'écoulement et l'action chimique et fluide qui a rempli la veine.

Dans la connexion du contenu des veines avec certains strata, il y a un ordre observé, inexplicable par la théorie de Hutton; mais que le Neptuniste explique bien. Werner a tracé cet ordre : l'étain ne se trouve que dans les strata primaires, sur-tout dans le granite. Le molybdène et le tungstène se trouvent dans les mêmes situations, et ont été, par conséquent, formés à la même période. L'urane et le bismuth, quoique peut-être d'une formation moins ancienne, paroissent ne jamais se rencontrer dans les montagnes stratifiées. L'or et l'argent s'y trouvent quelquefois, mais rarement. Le mercure, la mine grise d'antimoine, et le manganèse, sont dans les montagnes primaires et secondaires. Le cuivre, le plomb, le zinc, et sur-tout le fer, appartiennent à tous les âges du monde. Le cobalt et le nickel sont généralement de formation récente. La même différence existe dans les substances qui accompagnent les métaux. Le feldspath, le schorl, la topaze, le béril, sont regardés, par Werner, comme

(*) Journal des mines, n° XVIII, pag. 71.

les plus anciens. Le quartz appartient à toutes les périodes. Parmi les substances calcaires, la plus ancienne est le spath fluor et l'apatite. Le trapp est une production récente, et le gypse une des plus modernes (*).

On doit voir maintenant que l'hypothèse Huttonienne ne peut offrir de principes capables d'expliquer l'ordre qui existe dans l'origine des veines. Ces matières sont supposées avoir été lancées des régions centrales, où elles étoient dans l'état de fusion, et leur irruption avoir été purement accidentelle. On ne peut assigner aucune cause qui ait forcé certains métaux à s'insinuer dans les fentes des roches primaires; d'autres, dans les secondaires, et une troisième classe dans des strata de deux espèces : mais il y a dans le système Neptunien un principe qui établit l'ordre partout. Il est prouvé que les dépôts du fluide cahotique ont été successifs; il a donc dû arriver que quelques espèces de matières se soient formées, et déposées à une période, et d'autres à une période différente; d'après le jeu des affinités, et la force qui les tenoit en dissolution. En d'autres mots, la même cause qui a déterminé le granite à se former le premier, peut avoir déterminé la formation ou la déposition de l'étain, du molybdène, et du tungstène dans le même temps; et ce principe peut s'étendre à toutes les autres productions. C'est un mérite dans une théorie qui a quelqu'importance, de pouvoir lier par un principe les faits les plus marquans; mais qui, en apparence, sont difficiles à expliquer.

Enfin, il y a des veines auxquelles l'hypothèse Huttonienne ne peut s'appliquer, — celles qui sont renfermées dans des roches, et cela hermétiquement. On ne peut pas supposer qu'elles aient été remplies par

---

(*) Journal des mines, n° XVIII, pag. 90.

injection, puisque leur extrémité dans la roche y est visible. Le professeur Playfair est obligé d'abandonner la théorie générale, et de supposer que, lorsqu'on trouve « ces veines dans les roches stratifiées, telles » que sont celles qui n'ont pas été fondues, nous » devons les concevoir comme composées de ma- » tières plus fusibles que la roche environnante, de ma- » nière qu'elles ont été mises en fusion par un degré » de chaleur auquel le reste de la roche a pu résister, » et qui, en refroidissant, a pris une structure spa- » thique. Lorsqu'on les trouve dans des roches dont » la totalité a été fluide, il faut les considérer comme » parties intégrantes de cette masse, qui, par une » attraction élective, se sont unies les unes aux autres, » et se sont d'elles-mêmes séparées des substances avec » lesquelles elles avoient moins d'affinité (*). »

La première de ces explications, celle qui regarde les veines isolées dans les roches non stratifiées, fournit une preuve de la fausseté de l'hypothèse générale sur ce sujet. La matière cristallisée dans ces veines est ordinairement, ou du quartz, ou du carbonate de chaux. Cependant il n'y a point de substance existante sous la forme de roche stratifiée, moins fusible que l'un ou l'autre de ces fossiles : en conséquence, ils n'ont pas été amenés en fusion « par un degré de chaleur » auquel le reste de la roche auroit pu résister; » c'est pour cela que les principes de la théorie Huttonienne ne peuvent expliquer le phénomène d'une veine remplie de ces substances, et qui traverse des roches stratifiées.

Ces veines isolées contiennent quelquefois des mines métalliques; et, de fait, plusieurs de ces veines ont été entièrement exploitées; cependant le docteur Hutton se plaît à nous répéter qu'elles ne peuvent

(*) Explication, etc. pag. 165.

venir

venir que des entrailles de la terre. « Fouillez dans les
» trésors de nos mines : demandez au mineur d'où est
» venu le métal dans la veine. Ce n'est point de la
» terre, ou de l'air supérieur ; ce n'est point des strata
» que la veine traverse ; ils ne contiennent pas un
» atome des minéraux dont nous parlons ; — il n'y
» a qu'un endroit qui puisse en être la source, les
» entrailles de la terre, le lieu de la force et de
» l'expansion, la place d'où doit venir cette immense
» chaleur qui a consolidé dans les roches ces matériaux
» détachés, et ce pouvoir étonnant qui a brisé et dé-
» placé les strata réguliers (*).

» Cette réflexion, ajoute le professeur Playfair, est
» très-juste et très-naturelle ; mais si, au lieu d'inter-
» roger le mineur, nous consultons le Neptuniste,
» nous aurons une réponse toute différente ; comme
» ce philosophe n'est jamais embarrassé pour con-
» server l'uniformité dans la marche de la nature, il
» nous dira que, quoiqu'il soit vrai que ni l'air, ni
» la partie supérieure de la surface de la terre, ni
» la mer, ne contiennent à présent rien de semblable
» aux substances des veines, cependant il a été un
» temps où ces substances, mêlées ensemble dans la
» masse cahotique, ne formoient qu'un vaste fluide
» qui enveloppoit la terre ; que c'est de ce fluide que
» se sont précipités les minéraux, et qu'ils se sont
» ensuite déposés dans les crevasses et les fentes des
» strata (**). »

Après cette déclamation, il est fâcheux que l'Huttonien soit forcé d'admettre qu'il y a des veines remplies de matières métalliques, travaillées dans la source seule qui, d'après Hutton lui-même, a pu les remplir, et qui ne peuvent s'expliquer que

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 130.
(**) Explication, etc., pag. 257.

par la théorie Neptunienne. Il est même probable que toutes les veines de cette espèce sont isolées. On n'a pas toujours découvert leur extrémité, parce que les fouilles n'ont pas été assez profondes. En effet, il n'est pas du tout probable, *primâ facie*, que les fentes passent à travers d'innombrables strata jusqu'aux parties centrales du globe, et qu'elles soient remplies par injection jusqu'à la surface, dans des crevasses qui souvent n'ont, dans une étendue considérable, que quelques lignes de diamètre.

Une apparence qui n'est pas rare dans les veines, est de se rétrécir, en descendant, souvent jusqu'à un quart de pouce ou moins d'épaisseur; et de rester ainsi, ou de devenir plus larges, tandis qu'au dessus elles ont peut-être quelques pieds de largeur. Il est évidemment impossible que la matière, remplissant la partie supérieure, ait pu, contre les lois de sa propre gravité, être lancée, dans un tel passage, par une injection produite dans les parties centrales du globe.

CHAPITRE IV.

Des secours que les Théories Huttonienne et Neptunienne puisent dans les apparences et les propriétés des fossiles individuels.

L'EXAMEN de ces théories, d'après l'induction, est peut-être la partie qui doit nous donner la plus grande évidence. Les positions et les connexions des strata peuvent, dans beaucoup de cas, n'être examinées qu'imparfaitement, et elles sont souvent telles qu'elles peuvent devenir les effets de causes différentes. Mais il est raisonnable de présumer que nous trouverons, dans les propriétés des minéraux particuliers, une preuve sans réplique de leur formation par l'eau, et non par le feu.

En considérant les exemples de cette classe, qui servent de preuves à la théorie Huttonienne, je conserverai l'ordre établi par le professeur Playfair. Les premiers sont ceux qui appartiennent au *genre siliceux*.

« Le bois fossile, pénétré par la matière siliceuse, » est une substance bien connue des minéralogistes; » on la trouve en grande abondance dans des situations différentes, et souvent au centre des grandes » masses de roches. D'après l'examen, on remarque » que la matière siliceuse a pénétré le bois d'une manière très-inégale, de façon que la structure végétale reste intacte dans quelques endroits, tandis que, » dans d'autres, elle est perdue dans une masse homogène d'agate ou de jaspe. Lorsque cela arrive, on

» voit que la ligne qui sépare ces deux parties est dure, » distincte, et entièrement différente de ce qui a été » déplacé. Si le flint a été introduit dans le corps du » bois par un fluide qui le tenoit en dissolution, il a » dû s'étendre par-tout, sinon d'une manière uni- » forme, au moins par une gradation régulière. Dans » ces échantillons de bois fossile, dont les uns sont » pénétrés par l'agate, et les autres n'en ont pas du » tout, on remarque la même terminaison brusque, » qui est une apparence très-caractéristique de la » fluidité produite par la fusion (*). »

D'après les apparences du bois fossile, l'observateur impartial sera plus disposé à conclure qu'il a été pétrifié par l'eau, puisqu'il est à peine possible de croire qu'il ait pu être soumis à l'opération du feu, et qu'il ait pu en même temps conserver sa texture ligneuse. On peut concevoir que, si une pièce de bois est jetée dans une eau qui tient en dissolution une portion de silex, comme plusieurs eaux le font, cette terre peut graduellement être déposée dans ses pores. En même temps, par une pourriture et une décomposition lente, que le bois doit éprouver, ses principes peuvent être changés en de nouveaux produits; et si ces deux opérations, la déposition de la matière siliceuse, et la décomposition du bois, sont dans une certaine proportion l'une envers l'autre, la terre se déposera dans les vides abandonnés par la matière végétale; et c'est ainsi qu'il s'établira un arrangement semblable à une texture ligneuse. De là naissent les caractères particuliers du bois fossile siliceux, — son entière privation de matière végétale, tandis qu'il conserve sa texture de bois, souvent si parfaitement, qu'on peut en reconnoître l'espèce.

Mais comment expliquer ces effets, si nous suppo-

(*) Explication, etc. pag. 84.

sons que le bois ait été soumis à l'action d'une matière siliceuse fondue ? Comment cette matière auroit-elle pénétré la substance du bois ? bien plus, comment l'auroit-elle pénétrée de manière à lui conserver sa structure ligneuse, et même ses apparences réticulées et délicates ? Comment la matière ligneuse auroit-elle disparu pendant la déposition de la matière siliceuse ? On suppose, dans la théorie de Hutton, que l'opération de la fusion, qui a formé ce fossile, a eu lieu sous une immense compression, qui a empêché la volatilisation ou la décomposition des parties du bois : sans cette condition, d'après les principes du système, le bois auroit été brûlé ou réduit en charbon. En un mot, par cette hypothèse, il est impossible de donner des propriétés du bois siliceux, non une explication satisfaisante, mais une explication quelconque ; au contraire, si le bois a subi l'opération du fluide fondu, il doit avoir été, ou décomposé, ou brûlé par lui, ou s'y être incrusté pour former une masse homogène et indestructible.

L'apparence particulière de quelques morceaux de bois, favorable à l'hypothèse de Hutton, est la ligne de séparation brusque et distincte entre la partie qui est pétrifiée et celle qui n'a éprouvé aucun changement ; cette ligne, au lieu d'être une présomption pour l'introduction de la matière siliceuse en fusion, n'explique pas même la supposition ; car nous ne voyons pas pourquoi la matière fondue se seroit arrêtée assez brusquement pour former cette ligne distincte. Si on exigeoit que l'Huttonien expliquât cette circonstance, il seroit, en vérité, embarrassé pour donner une réponse ; et cette réponse, au lieu de confirmer son opinion, ne seroit qu'une nouvelle difficulté qu'il ne pourroit pas résoudre. Cette apparence semble être due au procédé par la voie humide, opéré très-lentement, à cause probablement de la densité du bois ; et à l'interruption de l'opération dans ces

échantillons, avant qu'elle ait été achevée. On conçoit que les parties extérieures du bois ont pu être imprégnées de la matière siliceuse assez complettement pour s'opposer à l'infiltration de l'eau dans les parties intérieures; que, par conséquent, le procédé de la pétrification a dû cesser ; et que, si le bois a éte très-dense, l'opération a dû être courte, et s'arrêter brusquement.

Il y a un autre fait sur le bois siliceux qui indique son origine aqueuse, et qui est inexplicable par la théorie de Hutton : ce sont les coquilles qui lui sont souvent adhérentes qui y sont enchâssées, privées de la matière calcaire, et formant des pétrifications siliceuses. Leur présence prouve que le bois a séjourné dans l'eau ; et leur métamorphose en matière siliceuse ne peut en être expliquée par l'action supposée du silex en fusion; car par quel pouvoir ce silex auroit-il chassé le carbonate de chaux qui forme leur composition ? Par l'opinion contraire cela s'explique; le carbonate de chaux, étant moins soluble dans l'eau que la terre siliceuse, a dû disparoître graduellement, et cette dernière se mettre à la place du premier.

A l'appui de la pétrification du bois siliceux par l'eau, nous avons un cas analogue de la pétrification du bois dans l'eau par la matière calcaire. Il existe des sources qui tiennent en dissolution une partie de carbonate de chaux, et qui ont le pouvoir de pétrifier toutes les substances végétales qu'on y jette ; on trouve beaucoup d'exemples de mousses et d'autres matières pétrifiées, effet que personne ne peut attribuer au feu. Ici l'opération est la même. La seule différence est, qu'une pétrification est siliceuse, et que l'autre est calcaire. Ne peut-on pas présumer que le procédé soit le même, que dans un cas la matière calcaire ait été dissoute dans l'eau; et que dans l'autre, la matière siliceuse se soit incorporée avec la substance pétrifiée ?

Enfin, nous avons une autre démonstration que le bois siliceux a été formé par la voie humide. M. Kirwan rapporte un fait décisif sur ce sujet. Une des poutres du pont de Trajan sur le Danube a été trouvée, après examen, convertie en agate, de l'épaisseur d'un demi-pouce, tandis que la partie intérieure n'étoit que légèrement pétrifiée (*).

Après une évidence aussi palpable, il est impossible de ne pas conclure que le bois siliceux a été pétrifié par l'eau; et cette première preuve de la théorie de Hutton, tirée des propriétés des minéraux, sert à confirmer le système opposé.

L'argument concernant la pétrification du bois siliceux, est plus important qu'on ne le croiroit d'abord. Il n'est pas simplement un exemple qui peut fortifier l'une ou l'autre théorie; son importance n'est pas bornée non plus à prouver la solubilité de la terre siliceuse dans l'eau, et la possibilité de la plus parfaite consolidation par la déposition; mais il est une preuve pour les autres fossiles, d'une formation semblable : preuve qui peut avoir une application presque générale. On observe, dans les échantillons de bois ainsi changés, que, lorsqu'il s'est trouvé des fentes ou des cavités, la matière siliceuse s'y est déposée, et a toujours affecté la figure et la structure de l'agate. Elle a les enveloppes concentriques de ce fossile, sa dureté, souvent ses différentes nuances de couleurs, en un mot toutes ses propriétés. Si donc, il est prouvé que le bois soit pétrifié par la voie humide, il suit que les agates peuvent être formées de même; et ce fait prouve encore plus, car les agates sont toujours renfermées dans d'autres roches, comme le trapp, et de manière à ne pas douter que la roche et l'agate aient la même origine. C'est ainsi que, d'après la connexion

(*) Essais géologiques, pag. 140.

de ces fossiles, on peut faire pour tous l'application de cet argument. Comment le docteur Hutton a-t-il pu apercevoir cette connexion, et se croire obligé d'attribuer la formation du bois siliceux à la fusion, puisque, s'il admet qu'il a été formé par la voie humide, il faut qu'il convienne aussi que les agates renfermées dans les roches ont la même origine? Peut-être a-t-il voulu donner une preuve d'adresse polémique en prenant comme un argument ce qu'il auroit été obligé autrement de combattre comme une objection; ce qui l'a conduit à soutenir que le bois pétrifié siliceux doit sa formation à la terre siliceuse fondue, quoique ses apparences soient, *primâ facie*, contraires à cette opinion, qui est pleinement réfutée par des faits.

« Les nodules ronds de flint que l'on trouve dans la » craie entièrement isolés, et séparés les uns des autres, » présentent un argument de la même espèce; car, » si la matière du flint n'a été portée dans la craie » par aucun dissolvant, elle a dû être déposée avec » un certain degré d'uniformité, et ne devroit pas » paroître aujourd'hui en masses séparées, et sans » aucune marque de son existence dans les parties » intermédiaires. D'un autre côté, si nous concevons » que le flint en fusion a été jeté avec violence dans la » craie, et l'a pénétrée, comme le mercure pénètre » tous les pores du bois par la pression, il a dû, par » l'effet du refroidissement, montrer les mêmes ap- » parences que celles qui se présentent à nous aujour- » d'hui dans les bancs de craie de l'Angleterre (*). »

Cette théorie de la formation du flint est presque inconcevable, et nullement d'accord avec les apparences de ce fossile. L'espèce d'injection qui est supposée l'avoir introduit dans la craie, est un mys-

(*) Explication, etc., pag. 85.

tère ; car nous ne voyons pas comment, sans ouvertures sensibles, le flint a pu venir dans la craie; ou, s'il y est venu par quelque force particulière de pression, comment ses particules se sont réunies pour former des nodules d'une dimension considérable. L'arrangement de ces nodules est également incompatible avec toutes les notions de cette espèce. Ils ne sont pas dispersés sans ordre dans la craie, comme ils auroient dû l'être, s'ils y avoient été placés par une injection quelconque; mais ils sont rangés dans une grande régularité, en lits horizontaux, et à égale distance les uns des autres.

La formation de ces nodules est due à l'action de l'eau, ce qui est prouvé par l'impression des coquilles, et même par des coquilles entières inhérentes dans la substance du flint, parfaitement pétrifiées, et dépourvues totalement de leur matière calcaire. Il est clair que cette pétrification et cette privation de la matière calcaire, tandis que la structure et les divisions de la coquille restent souvent sans altérations, ne peuvent jamais avoir été l'effet de l'injection d'une matière siliceuse fondue, vu que, comme toutes les pétrifications, elles peuvent s'expliquer par l'action de l'eau. L'échantillon particulier de cette espèce, un des plus communs, l'échinite, va rendre ceci plus clair. On le trouve souvent rempli de flint, tandis que sa contexture reste absolument sans changemens, et qu'en même temps sa matière calcaire a tellement disparu, qu'il ne fait effervescence dans aucun acide. Dans l'état naturel, cette coquille est si délicate, que la plus légère pression la brise en morceaux; et elle n'a qu'une seule ouverture qui conduise à sa partie intérieure. Peut-on supposer que, par aucune espèce d'injection, elle ait été remplie de flint fondu? Quelles eussent été donc les circonstances qui auroient accompagné un effet aussi extraordinaire? Que la situation du coquillage ait été

telle, que son ouverture se soit trouvée dans la direction du fluide injecté, et que sa dureté ait été capable de résister, sans altérations, à l'introduction complette de la matière fluide; en admettant même l'existence de ces circonstances, il resteroit encore à expliquer l'expulsion de la matière calcaire. Cette pétrification, ainsi que les autres, montre évidemment que les particules de flint ont été réunies lentement et sans violence par le moyen de l'eau. M. Kirwan attribue leur consolidation à l'infiltration de ce fluide à travers les strata de craie (*); et, d'après Werner, leur formation en nodules peut être attribuée à la réunion des particules dans les cavités formées dans la craie par l'évaporation de l'air.

« La pierre de pudding siliceuse, dit-on, est un » exemple parfaitement semblable aux deux autres. » Nous y trouvons les cailloux et le ciment qui les » unit composés d'un flint également dur et conso- » lidé; et cette circonstance, qu'il est impossible » d'expliquer par l'infiltration, ou l'introduction » d'un dissolvant aqueux, est absolument d'accord « avec la supposition d'un ruisseau de flint fondu jeté » avec force dans les masses de gravier détaché (**). »

Dans cette supposition, il n'est pas hors de probabilité que les cailloux aient été agglutinés et consolidés dans ce fossile par la déposition du ciment dissous ou suspendu dans l'eau. Supposons ces cailloux placés dans la même position que le bois siliceux pétrifié; ses pores ont été complettement remplis de matière siliceuse de la nature de l'agate; de même les interstices de ces cailloux détachés ont pu être remplis de cette matière, et former ainsi une masse hétérogène consolidée.

(*) Essais géologiques, pag. 237.

(**) Explication, etc. pag. 86.

Les agates sont du genre siliceux; et, d'après leur structure, elles sont considérées par Hutton comme un argument favorable à sa théorie. Ce sont des masses, dont les parties intérieures ont un certain arrangement, qui, à ce qu'on prétend, ne peut être produit par l'infiltration d'aucuns fluides, mais doit venir des circonstances qui ont été présentes à la formation de l'agate.

Il est évident, dit-on, que la fluidité qui a consolidé les agates soit celle de la fusion, parce que « la » formation des enveloppes concentriques, dont » l'agate est ordinairement composée, est venue de » la circonférence vers le centre, puisque les couches » extérieures font impression sur les intérieures, et » que jamais l'inverse n'arrive. Un autre fait confirme » cette observation : lorsqu'il se trouve un vide dans » l'agate, c'est ordinairement au centre; et, s'il y a » des cristaux, c'est là aussi où ils sont réguliers. Il » paroît donc certain que la marche de la consoli- » dation a procédé de la circonférence vers l'intérieur, » et que les enveloppes extérieures de l'agate ont été » les premières à acquérir la solidité et la dureté.

» Maintenant il faut considérer que ces écailles » ou enveloppes sont extrêmement durcies; qu'elles » sont d'une matière siliceuse très-pure, et absolu- » ment imperméable à toute substance connue, ex- » cepté à la lumière et à la chaleur. Il est donc clair » que, pendant la marche de la consolidation, et dans » tous les temps, ce qui a été contenu dans les écailles » déjà formées, a dû y rester tant que l'agate est » demeurée entière, sans la moindre possibilité de » disparoître. Mais dans les enveloppes de l'agate, on » ne trouve rien que sa propre substance; aussi jamais » on n'y a rencontré une substance étrangère, c'est- » à-dire, aucun dissolvant n'a pu y être renfermé. » La fluidité de l'agate a donc été simple, et libre » de toute action menstruelle.

» Rien dans cet argument ne me paroît manquer à » tout ce qui convient à la rigueur d'une démons- » tration physique, j'oserai même dire mathéma- » tique. En effet, il semble impossible d'exprimer » l'origine ignée des fossiles par un langage plus clair » que la peinture des phenomènes que nous venons » de détailler (*). »

Malgré le langage assuré de ces assertions, on peut démontrer que les agates n'ont pu être formées par la fusion, mais qu'elles l'ont été par l'eau. Leur structure est si particulière, qu'il peut y avoir quelques difficultés à montrer clairement le mode précis de leur formation; mais, en suivant l'explication donnée par Werner, et adoptée également par Dolomieu et Kirwan, on verra que les apparences des fossiles de cette famille s'accordent mieux avec le système des Neptunistes qu'avec celui des Vulcanistes.

On suppose que, pendant la consolidation des strata, l'air se soit échappé, et ait laissé dans une masse molle des vides de forme sphéroïdale; ces cavités sont supposées avoir été remplies, après la consolidation, d'un fluide tenant en dissolution la matière de la chalcédoine, du jaspe, et des autres substances qui constituent les agates. Ces substances ont dû se déposer successivement d'après les attractions exercées dans le dissolvant; de cette manière les enveloppes successives se sont formées, et l'enveloppe extérieure a déterminé en grande partie la figure de l'intérieure déposée sur la première. On a observé que ces enveloppes varioient dans la pureté ou l'homogénéité de leurs substances; l'extérieure est composée de la matière la plus grossière et la plus hétérogène, comme le jaspe ou la cornaline; à mesure qu'elle approche du centre, elle devient généralement plus pure, jusqu'à

(*) Explication, pag. 217.

ce qu'enfin la solution purifiée de plus en plus par les dépôts, ne soit plus que le cristal de quartz ou l'améthyste. Lorsque la matière solide a été tout-à-fait séparée du fluide, le dernier s'est échappé par l'écoulement (car, malgré l'assertion du docteur Hutton, les fossiles les plus durs de cette classe sont perméables à l'eau) : si le trou par où est entrée la solution s'est trouvé fermé par le dépôt, il s'est formé une agate creuse; sinon, les parties successives de la solution ont trouvé accès, et ont rempli complettement la cavité.

Selon cette hypothèse, on peut rendre raison des apparences générales des agates; il y a une variété, celle de l'agate creuse, qu'on ne peut expliquer par d'autres moyens, ou au moins qui est inexplicable par l'hypothèse Huttonienne. Selon elle, on suppose que les cavités dans ces agates viennent de la contraction de la masse, pendant sa consolidation et son refroidissement. Mais il existe beaucoup de ces agates dont les cavités sont tellement disproportionnées avec leur croûte solide, qu'on ne peut les attribuer à cette cause. On en trouve dont la cavité a quatre pouces de diamètre, tandis que leur enveloppe n'a qu'un demi-pouce d'épaisseur : il est évident qu'aucune contraction de la masse n'a pu produire une cavité de cette espèce. Ensuite, l'explication donnée par l'hypothèse de Werner, qui rapporte la production de la cavité à l'évaporation d'une partie du fluide aérien, et à la déposition subséquente de la matière qui a formé la croûte, est parfaitement satisfaisante; et en même temps, on ne peut l'appliquer à l'hypothèse Huttonienne, qui prétend que la fusion des strata, ayant eu lieu sous une immense compression, l'air n'a pu s'échapper; il faut de plus que le partisan de cette hypothèse suppose cette pression comme présente au moment de la formation de ces agates creuses, parce qu'elles contiennent souvent du car-

bonate de chaux, qui par cette circonstance devroit avoir été décomposé.

Il y a une autre apparence dans certaines agates, dont le docteur se sert pour confirmer sa théorie, et qui devient une preuve de sa fausseté. Il observe que, dans les agates de chalcédoine, le spath calcaire se trouve souvent renfermé, et que l'une et l'autre reçoivent leurs impressions mutuelles : « Les angles et les » plans du spath forment des dentelures sur la chalcé- » doine, et les fragmens sphériques de celle-ci sont » imprimés sur les plans du spath. Ces apparences » ne s'accordent avec aucune consolidation qui ne » suppose une concrétion simultanée de toute la » masse ; et une telle concrétion, loin de pouvoir » venir de la précipitation d'un dépôt dans un dis- » solvant, ne peut être que le résultat de la congé- » lation d'un corps fondu (*). »

Avec bien plus de raison, on doit précisément déduire la conclusion contraire, — que cette consolidation simultanée ne peut venir d'une fluidité produite par la fusion ; car des substances d'une nature différente ont différens degrés de fusibilité ; et, par cette différence même, leur consolidation doit se faire à des températures différentes. Soit que la chalcédoine ait été plus fusible que le spath, ou celui-ci plus que la chalcédoine, il doit toujours être arrivé que le moins fusible des deux corps se soit durci le premier, et ait pris sa forme particulière ; mais ils ne se sont pas durcis en même temps, au point de s'être imprimés mutuellement l'un sur l'autre ; et, puisque le docteur Hutton non seulement avance, mais même soutient cette mutuelle impression, il établit un fait qui renverse sa propre hypothèse sur la formation de ces fossiles.

(*) Explication, etc. pag. 156.

Il est vraiment singulier que ce cas d'une consolidation ou d'une cristallisation simultanée ait été employé comme une preuve de sa formation par la fusion, puisqu'il renferme une supposition dont on peut facilement démontrer la fausseté. Si deux substances différentes ou plus sont en fusion, il est évident qu'elles se consolideront d'après leur fusibilité; la moins fusible, exigeant la plus haute température pour ne pas se consolider, passera à l'état solide par la réduction de la température, et sera suivie par celles qui sont, après elle, les moins fusibles; on ne peut supposer que deux substances, dans l'état de fusion, deviennent solides précisément dans le même moment, au point de s'imprimer l'une sur l'autre, à moins qu'elles ne soient toutes deux du même degré de fusibilité. Mais il n'y a peut-être pas dans la nature deux substances de cette espèce; au moins, si elles existoient, il faudroit considérer comme une coïncidence extraordinaire, et plus encore comme le résultat d'une combinaison unique, que, de tous les corps, les deux seuls qui s'accordent pour la fusibilité, eussent été fondus en même temps. Mais on peut hardiment affirmer qu'on ne rencontrera pas un autre exemple, et encore moins qu'il pourra avoir lieu pour plus de deux substances; et si aujourd'hui on trouve dans la nature une variété de groupes ou d'agrégats de fossiles qui laissent des impressions les uns sur les autres, au lieu de conclure qu'ils forment la preuve de la consolidation par la fusion, ils donnent au contraire la démonstration la plus claire que la fluidité qui a produit leur consolidation a été d'une tout autre espèce.

On dira, peut-être, qu'il n'est pas aisé de concevoir comment, par la solution, deux substances différentes ont pu se consolider et se cristalliser dans le même temps. Tout en convenant qu'il n'est pas clair comment ce phénomène a eu lieu, cependant il

n'est pas démontré, comme dans le premier cas, que la chose ne soit point arrivée; et, comme c'est la seule supposition qu'on nous accorde, il faut bien l'admettre. Mais cet argument ne doit pas nous suffire. Il est possible de concevoir comment deux substances différentes, dissoutes dans un fluide, peuvent, ou se cristalliser, ou se consolider ensemble, ou donner l'apparence d'une consolidation simultanée. Qu'on s'imagine que, par quelque altération de circonstances dans la solution, la cristallisation d'une des substances ait eu lieu : on conçoit que la séparation de cette substance peut avoir changé les attractions existantes par lesquelles l'une ou l'autre des substances étoit tenue en dissolution; qu'elle a pu aussi commencer à se séparer, et qu'ainsi sa consolidation a été simultanée, ou presque simultanée avec celle de l'autre substance, assez au moins pour produire l'une sur l'autre des impressions mutuelles : ou bien, comme la cristallisation commence par un *noyau*, et plus encore par la présence d'une masse cristallisée, on conçoit que si, dans une solution saturée de différentes substances, une d'elles, par une altération de circonstances, se cristallise, la cristallisation de l'autre commence aussitôt, comme nous voyons que cela arrive lorsque nous trempons un solide dans une solution saturée de sel: c'est ainsi qu'on peut expliquer le mélange le plus intime, et la pénétration mutuelle des cristaux. Ce n'est pas non plus une supposition hors de probabilité, que par l'entrée soudaine de l'air dans un fluide ainsi saturé, ou même par l'évaporation d'un gaz quelconque, la cristallisation instantanée de plus d'une des substances dissoutes puisse avoir lieu.

Ainsi, il est évident qu'on peut faire différentes suppositions assez probables, pour expliquer la consolidation simultanée de substances diverses dans l'état de solution. On ne peut donc dire que ce soit une

difficulté

difficulté inexplicable, et qui soit contre la théorie. Sur ce point, l'hypothèse des Neptunistes a un grand avantage sur celle des Huttoniens. D'après les principes de cette dernière, il est facile de démontrer qu'il n'a pas pu exister de consolidation simultanée. Il n'y a point de démonstration contre la première, ce qui lui donne sa supériorité. Elle peut encore prétendre à un avantage plus considérable, puisque, conformément à ses principes, il lui est aisé de montrer comment cette singulière opération de la consolidation simultanée a eu lieu. Tous les faits donc cités, tels que celui de la chalcédoine et du spath calcaire dans les agates, et d'autres que nous verrons par la suite, sont autant de preuves de la formation des fossiles par la solution.

« Quoique le grès commun et la pierre de sable » ne conservent aucune marque de leur ancienne » fluidité, ils annoncent d'une manière expressive » tous les effets de la chaleur. C'est sur-tout dans » les substances dont les particules de sable quartzeux qui les compose, sont fermement unies sans » le secours d'aucun ciment (*). » Le Neptunien dira que c'est une pure assertion, et non un argument, puisque la consolidation de cette pierre, dont la densité et la dureté ne sont pas considérables, peut être produite par l'attraction mutuelle exercée entre les parties les plus menues ; ou que, comme toute pierre de sable contient une portion d'argile ou de chaux, ces deux matières ont pu servir, au moins en partie, de moyens d'union.

Si nous attendions, *à priori*, d'après l'examen des strata, une indication de leur origine, ou de la nature des agens qui ont opéré sur eux, il est certain qu'il n'en existe pas de moins ambiguë que celle des im-

(*) Explication, pag. 86.

pressions, et des restes d'animaux et de végétaux qu'ils contiennent. Ceci donne la double preuve, qu'ils sont des dépôts de l'eau, et qu'ils n'ont point été soumis à l'action du feu.

Nous retrouverons cette preuve dans tous les strata, plus rarement peut-être dans ceux du genre siliceux, mais encore assez souvent pour donner la plus forte évidence. Outre les pétrifications qui sont dans le flint, et dont nous avons parlé, on les rencontre dans le pétrosilex, et dans la pierre siliceuse. Il est évident que la chaleur intense, qui, suivant la théorie Huttonienne, a été employée pour la consolidation de ces fossiles, doit avoir amolli ou mis en fusion la substance de ces pétrifications. Le granite et le whin sont supposés, dans cette théorie, avoir été formés à peu près des mêmes matériaux que ces strata, — des substances déposées au fond de la mer; et la raison pour laquelle elles ne contiennent pas de pétrifications, ou des restes d'animaux marins, c'est qu'ils ont été détruits par la chaleur qui a fondu le whin ou le granite. Mais nécessairement la chaleur même, pour amollir le pétrosilex, ou la pierre de sable siliceuse, est beaucoup plus grande que celle qu'il faudroit pour fondre le whin; et ainsi, *à fortiori*, ces fossiles ne doivent pas plus que le whin contenir de restes organiques. Ceci est encore plus évident de ce que les terres siliceuses et calcaires, agissent mutuellement l'une sur l'autre comme les fluides, de manière que, si une coquille s'est trouvée enveloppée dans la pierre de sable amollie par la chaleur, celle-ci seule a dû produire une combinaison entre elles.

Parmi les fossiles du *genre calcaire*, cités comme preuves de la chaleur souterraine, on range « les » brèches calcaires, composées de fragmens de marbre » ou de pierre à chaux, non seulement adaptés les » uns aux autres, mais engagés par des dentelures » assez semblables aux sutures du crâne humain. De

» ces exemples, il est impossible de ne pas conclure » que ces fragmens calcaires ont été dans un état de » mollesse, lorsqu'ils se sont consolidés en une seule » masse. Or cette mollesse ne peut être attribuée qu'à » la chaleur; car il faut convenir que tout autre dis- » solvant n'est nullement capable d'amollir d'énormes » fragmens de pierre, sans les dissoudre en même » temps (*). » Cette apparence de marbres brèches peut à peine expliquer la supposition de l'amollissement par la chaleur; car, dans la réunion de ces fragmens, l'arrête de leurs angles est souvent conservée à leur point d'insertion. En général, ils sont unis et entrelacés comme par un ciment commun, et ne sont point encrénelés dans la substance l'une de l'autre; et ce ciment peut avoir été déposé par l'eau autour de ces fragmens. S'il se trouve quelque part l'apparence d'une dentelure, elle peut venir des positions accidentelles des fragmens, et de la pression de la masse, qui ont fait des impressions réciproques dans leurs cavités et leurs fractures, réunies par un ciment commun. On ne peut nier non plus la justesse de l'assertion dans l'objection; car il est possible que, par l'application continuelle d'un dissolvant sur ces fragmens, ils aient pu en partie être dissous, et en partie amollis. Par le moyen de la pression, ils ont pu se trouver engrainés dans le moment que se formoit le ciment qui les a consolidés en une seule masse.

« Dans d'autres circonstances, il paroît certain que » les pierres du genre calcaire ont été réduites par la » chaleur à un état de fluidité beaucoup plus par- » faite. Telles sont les mines de sel, où les plus fines » espèces de marbre, et beaucoup d'autres substances » qui ont une structure très-cristalline, et qui ont » dû être amollies jusqu'à un léger degré de fusion

(*) Explication, etc. pag. 87.

» avant que la cristallisation ait pu avoir lieu. Les » pétrifications même qui abondent dans les pierres à » chaux, tendent à établir le même fait; car elles ont » une structure spathique, et elles ne la doivent qu'à » leur passage de l'état fluide à l'état solide (*). »

Dans le premier de ces exemples, c'est gratuitement qu'on avance que la cristallisation, qui donne l'apparence spathique à ces marbres, doit avoir été l'effet d'une fluidité venue par la fusion, et non d'une fluidité occasionnée par la solution. Le dernier offre une manière de raisonner très-singulière. On reconnoît que les pétrifications dans la pierre de chaux doivent avoir été fondues, parce qu'elles n'ont pu acquérir leur structure spathique que dans leur transition de *l'état fluide à l'état solide*; et que, par conséquent la structure et la figure de ces substances pétrifiées, qui sont en général des coquilles, doivent avoir été perdues. Mais comment cette figure a-t-elle pu revenir, lorsque la substance fondue est retournée à l'état solide? Si une coquille a été en fusion dans une masse de pierre calcaire, il est évidemment impossible qu'en se consolidant, elle ait repris précisément le même arrangement et la même figure.

La preuve tirée de la présence de ces pétrifications dans les strata calcaires, est concluante pour la théorie Neptunienne. Ces strata sont supposés être formés dans le fond de la mer, et principalement des débris d'animaux marins. Leurs coquilles se composent sur-tout de carbonate de chaux; la matière animale qui y est unie disparoît par la décomposition pendant leur lente consolidation, et à sa place vient se mettre une portion du carbonate tenu en dissolution par l'eau environnante : c'est par ce dépôt et ce mélange avec des particules de terres argileuses, d'oxyde de fer et d'autres substances, que leur con-

(*) Explication, etc. pag. 88.

solidation se complette; et plus la déposition de carbonate de chaux pur est lente, plus les strata contiennent de spaths et de cristaux.

Dans la théorie Huttonienne, la conservation de ces restes d'animaux est un problème qui n'est pas résolu. On soutient que la consolidation ne peut s'effectuer que par la fusion partielle ou complette, et que par conséquent ces strata de pierre de chaux, ou le marbre, ont été fondus, ou au moins amollis par la chaleur. Il reste donc à expliquer comment les coquilles marines, contenues dans les strata, ont échappé à l'action de la chaleur, et comment leur figure et leur contexture n'ont pas été détruites? Leur composition est la même que celle de la pierre calcaire ou du marbre; et en effet, le docteur Hutton lui-même suppose que ces strata doivent leur origine aux restes des animaux marins. Si donc ils ont été dans un état de fusion ou de mollesse, les coquilles qui y étoient enfermées n'ont-elles pas dû éprouver précisément le même changement? D'après les principes de Hutton, la fusion de ces strata a été à peu près complette, car ils ont une structure spathique, et ils contiennent de grandes veines et des blocs de spath parfait. Il est impossible de concevoir comment un pareil degré de fusion auroit pu avoir lieu sans que ces coquilles eussent été au moins assez amollies, pour perdre quelque chose de leur figure, de leurs angles et de leurs lignes. La cavité des coquilles est souvent remplie de cristaux réguliers de carbonate de chaux; s'ils ont été formés par la chaleur, ils ne doivent pas non plus avoir été consolidés dans un état de fusion parfaite; car cette matière en fusion n'auroit pu rester en contact avec la coquille, sans que celle-ci n'eût été fondue complettement ou particlement. Ainsi ces apparences, qui, loin d'être rares, sont très-communes, sont incompatibles avec une pareille supposition.

La conclusion devient encore plus évidente, lorsque nous considérons l'extrême délicatesse de ces impressions. Tout minéralogiste connoît la pierre calcaire du mont Bolca, renommée par la grandeur et la perfection des impressions que les poissons de toute espèce y ont laissées. Elles sont très-nombreuses; la figure entière du poisson est imprimée avec une telle exactitude, qu'on a pu y désigner les caractères d'une foule d'espèces. Il est absolument incroyable qu'une impression de la sorte ait pu rester sur une pierre soumise à une chaleur excessive, et que la matière du poisson n'ait pas souffert la plus légère décomposition, ou même un dérangement mécanique: la simple inspection de ces échantillons suffit pour convaincre l'observateur impartial, que ces strata ne doivent pas leur consolidation au feu; mais, au contraire, on conçoit facilement que l'eau, par la lente continuité de son action, peut former de pareilles pétrifications.

Un autre fait concernant ces fossiles, et que l'hypothèse de Hutton ne peut expliquer, est cité par M. Kirwan; c'est l'absence de l'acide phosphorique dans les plus fines espèces de marbre et de pierres calcaires. Les coquilles marines contiennent dans leur composition une portion de phosphate de chaux, ce que les expériences de M. Hatchet ont prouvé. M. Kirwan remarque avec raison que cette substance est indestructible par la chaleur; et, si ces marbres avoient été formés des restes d'animaux marins, ils devroient contenir en grande proportion le phosphate de chaux, dont ceux-ci abondent. La réponse que fait à cette objection M. Playfair est très-obscure. Pour lui donner plus de force, il observe qu'il faudroit prouver nécessairement que l'acide phosphorique existe dans ces pierres calcaires, qui évidemment sont composées de coquilles dans l'état de minéralisation : si on les trouve sans acide phosphorique, il est clair que l'ar-

gument précédent perd toute sa force; mais cette preuve n'est pas nécessaire. Le marbre dans lequel on a trouvé l'acide phosphorique, est supposé, par le géologue Huttonien, être formé des restes d'animaux marins et d'autres; et la circonstance de marbres ou pierres calcaires, sans ou avec le phosphate de chaux, n'est point une conséquence. Si on rencontre d'autres pierres calcaires sans phosphate de chaux, l'argument devient plus général; mais cependant l'objection peut rester la même, d'après le fait particulier des marbres que l'on a analysés. L'objection n'est point applicable à la théorie Neptunienne, parce que la petite portion de phosphate de chaux qui est présente peut être enlevée par l'eau.

Enfin, il est digne de remarque, par rapport aux fossiles calcaires, que l'évidence de leur formation aqueuse, au moins pour quelques-uns d'eux, est tellement sans exception, qu'elle doit être admise même par l'Huttonien. C'est ainsi qu'on rencontre souvent des cristaux calcaires dans des situations qui nécessairement prouvent qu'ils sont le résultat d'une solution de carbonate de chaux dans l'eau. C'est ainsi qu'ils tapissent les cavités des coquilles, comme, par exemple, de la corne d'ammon et d'autres. Ces coquilles elles-mêmes sont du carbonate de chaux; et en conséquence elles n'ont pu contenir le carbonate de chaux en parfaite fusion, sans avoir souffert une altération. L'état de fluidité, d'où sont sortis ces cristaux concrets, n'a donc pas été l'effet de la fusion, mais celui de la solution dans l'eau. Un autre exemple, non moins équivoque, est celui des stalactites calcaires. En général, elles ont, non seulement la structure spathique, mais elles sont souvent couvertes de cristaux, et montrent par-tout une formation faite par la voie humide (*a*). La force de cette

---

(*a*) A l'époque où l'on a commencé la restauration du Louvre,

conclusion est évidente : il est prouvé que les cristaux calcaires, les mêmes absolument que tous ceux qu'on trouve dans la nature, sont, au moins dans quelques cas, le produit de la solution ; que leur formation, par la fusion du carbonate de chaux, est une pure hypothèse qui n'est soutenue par aucune évidence directe : jusqu'à ce que nous ayons cette évidence, le Neptunien a le droit de regarder son opinion comme vraie, et de soutenir que tous les cristaux calcaires sont formés de la même manière ; et on ne peut rien opposer à ses conclusions, que la simple possibilité d'un cas particulier : et cette conjecture même ne seroit pas probable, *à priori*, puisqu'il seroit extraordinaire que ce fossile pût être à la fois formé par le feu et par l'eau, et recevoir des deux précisément la même forme de cristallisation. Si on a prouvé que les cristaux calcaires sont formés par la solution, il faut assigner à chaque fossile le même mode de formation ; car les uns et les autres sont presque toujours tellement unis, qu'il faut absolument leur donner à tous la même origine.

Parmi les fossiles du *genre argileux*, la variété de la mine de fer argileuse, appelée *septaria*, présente un argument sur lequel le docteur Hutton fait le plus grand fonds. En général, on trouve ce fossile en nodules sphéroïdaux, qui offrent dans leur cassure une structure singulière. Sa base est une mine de fer argileuse, mais divisée en petites *chambrées* par les veines de spath calcaire, qui se dirigent du centre

---

des ouvriers ont détaché des voûtes, dans les souterrains, des stalactites que j'ai dans ma collection. Elles ont plusieurs pieds de longueur, et de 2 à 3 pouces d'épaisseur. Leur composition est un spath calcaire très-dur qui finit par une espèce d'efflorescence formée par des cristaux très-brillans. Voilà un produit moderne, qui n'est pas l'effet du feu.

(*Note du Traducteur.*)

de la pierre vers la circonférence, et qui n'y aboutissent point. Ceci prouve, dit-on, que la matière calcaire n'y a point été introduite du dehors par l'infiltration : « La seule supposition admissible pour » expliquer la singulière structure de ce fossile est, » que toute la masse a été fluide, et qu'en refroidis- » sant, la partie calcaire s'est séparée du reste, et » s'est ensuite cristallisée (*). »

On peut accorder que la structure de cette pierre prouve qu'elle doit avoir été dans un état fluide, et qu'en durcissant, la contraction de la base et la séparation de la matière calcaire ont eu lieu en même temps, sans qu'il soit nécessaire de conclure que cette fluidité soit venue de la fusion. Ce fossile peut être un dépôt de l'eau, et la contraction et la séparation ont pu avoir lieu pendant sa consolidation; ou bien, on peut supposer, avec une égale probabilité, que la mine de fer argileuse seule a déposé; qu'en se consolidant, elle a éclaté en dedans; que, comme c'est une pierre poreuse, si ensuite elle a été dans une eau qui contenoit du carbonate de chaux, l'eau a filtré dans sa substance, et en a rempli les cavités d'une matière calcaire. Il est encore prouvé que ces *chambrées* n'ont pas une origine ignée, mais aqueuse, par les impressions de substances organiques, sur-tout les coquilles, qu'elles renferment quelquefois.

Dans les strata argileux, les pétrifications sont très-fréquentes, plus particulièrement les coquilles et les impressions de végétaux. On les trouve dans la glaise, le schiste argileux, la pierre de sable argileuse, la mine de fer et autres. L'argument qui les concerne est le même que celui des autres strata qui contiennent ces pétrifications. L'opération du feu devroit avoir changé ou détruit ces restes, puisque la théorie de

(*) Explication, pag. 92.

Hutton n'indique aucune cause qui ait pu les conserver.

Que l'on considère le manque d'explication dans une théorie, ou la solution satisfaisante donnée par l'autre, l'argument est concluant. Prenons pour exemple les coquilles marines conservées dans la pierre de sable. Si elle a été formée par un dépôt de l'eau, il a pu arriver que les coquilles d'animaux existant dans cette eau aient été enveloppées dans le dépôt; et, dans ce cas, il n'y a point eu de changement, excepté peut-être leur plus ou moins forte impression dans la matière où elles étoient déposées. Ceci s'accorde avec la situation dans laquelle on les trouve, et les apparences qu'elles nous montrent aujourd'hui correspondent avec celles que la théorie a droit d'attendre. De plus, si un stratum de pierre de sable avoit été consolidé par la chaleur, il est impossible de concevoir comment cette chaleur auroit fait son opération sans changer ni la figure ni la structure de ces coquilles. Il est une autre circonstance dans cet exemple qui renforce la preuve, que la chaleur ne peut agir sans produire quelques changemens. La pierre de sable argileuse se compose principalement de terres siliceuse et argileuse : elles servent comme de menstrue à la terre calcaire, et occasionnent sa fusion à une température beaucoup plus basse que celle qui est requise pour la fondre dans son état de pureté. Cette terre fait la base des coquilles marines; et si, enfermées dans une pierre de sable argileuse, elles eussent éprouvé l'action du feu, la combinaison ci-dessus mentionnée auroit eu lieu.

Ou bien, envisageons l'argument sous le rapport des impressions végétales qu'on rencontre dans le schiste; elles sont si délicates et si parfaites, que souvent on peut déterminer le genre et même l'espèce de végétal, d'après la conservation du feuillage et de la fleur. On peut demander à l'Huttonien, si les strata

ont été consolidés par le feu, comme il le suppose, comment la matière végétale a entièrement disparu, tandis que l'impression est restée intacte? La matière végétale, sans doute, a éprouvé une décomposition; car, quand même la pression se seroit opposée à l'évaporation des parties volatiles, encore faut-il que ses principes, par l'action d'une telle chaleur, soient entrés dans de nouvelles combinaisons, qui ont changé sa structure; ou, dans tous les cas, la figure de cette matière a dû être changée par la fusion ou l'amollissement de la pierre sur laquelle elle étoit couchée.

Parmi *les substances bitumineuses*, on se sert du charbon comme preuve de l'origine ignée des fossiles. On va voir, au contraire, que ce fossile, comme les précédens, est une objection des plus fortes qu'on puisse faire à l'hypothèse Huttonienne.

D'après la nature de cette substance, et les apparence de ses strata, il n'y a point de doute que son origine ne soit due aux végétaux. La théorie la plus probable sur la végétation est, que la matière végétale transportée à la mer, a été, par la direction des courans, déposée en bancs, et que, durant la submersion, elle a souffert cette espèce de décomposition lente, qui a produit, dans la majeure partie de ses principes, de nouvelles combinaisons, tandis que son carbone, et une partie de l'hydrogène sont restés; et cela, mêlé avec plus ou moins de matière terreuse déposée par l'Océan dans le même temps, a passé de l'état de mollesse à celui de concrétion, et a formé le charbon. La décomposition qui a produit cet effet, est probablement analogue à celle que nous savons qu'éprouve la matière animale, lorsqu'elle est plongée dans l'eau. L'hydrogène, l'azote et l'oxygène, se mettent dans différentes combinaisons qui produisent des gaz qui disparoissent; le carbone, retenant, par une attraction chimique, une portion de l'hydrogène en

combinaison, reste, et forme une espèce de graisse. Le carbone est encore plus abondant dans la matière végétale que dans la matière animale; et c'est ce qui établit leur principale différence. Ainsi, la matière végétale est susceptible de décompositions semblables; et, dans les circonstances en question, il est raisonnable de penser qu'elle a éprouvé des changemens de même espèce, modifiés par les différentes proportions de ses principes : en d'autres mots, son résidu est plus carbonacé, mais avec une proportion d'hydrogène capable de le rendre plus ou moins bitumineux. Aussi, nous trouvons que le bois plongé dans l'eau devient d'abord brun, et ensuite noir; et la fibre ligneuse, par une lente décomposition, se change tout-à-fait en un terreau noir, où le carbone domine. On conçoit aisément que ce procédé, ayant lieu dans des circonstances différentes, peut s'effectuer avec plus ou moins de rapidité, et dans une étendue plus ou moins grande. De là viennent les différentes variétés de charbon, les unes plus carbonacées que les autres, puisque leur composition est variée par diverses quantités de terres qui déposent pendant leur formation.

Il n'est pas hors de vraisemblance que quelques espèces de charbon aient pu avoir une origine différente. On peut, et on doit supposer que le carbone, ainsi que les autres substances simples, existoit dans le fluide cahotique; et ce carbone, combiné avec une portion d'oxygène, peut avoir formé une variété de charbon qui a été précipité. Ceci probablement forme le charbon infusible, et très-peu inflammable, le charbon minéral, ou l'anthracite, et qui est regardé par beaucoup de minéralogistes comme très-éloigné d'avoir une origine végétale. D'après son analyse, il ne paroît contenir aucun bitume; ses principes, selon les expériences de Dolomieu et de Panzenberg, sont le

carbone pur, ou au moins l'oxyde de carbone, le silex, l'argile, et l'oxyde de fer (*) : et Dolomieu observe que ce fossile, comme le granite, ou la plombagine, se trouve dans les montagnes primitives généralement en veines. La supposition faite sur l'origine de cette variété de charbon, est confirmée par le fait, que le carbone est plus ou moins oxydé dans la composition de chaque fossile ou roches primitifs.

Cependant le docteur Hutton considère le charbon comme une substance formée par l'opération de la chaleur souterraine ; et il suppose que toutes les apparences qui l'accompagnent démontrent cette origine. Il est difficile de donner une idée claire de sa théorie sur cet effet ; mais elle semble se composer des propositions suivantes :

1°. On conçoit que la matière végétale, au fond de la mer, a été soumise à l'action d'une chaleur intense, et qu'en même temps la pression n'a pas été considérable. Par cette opération, la matière végétale a été charbonnée, ou convertie en une espèce de charbon, tandis que la matière inflammable du bois la plus volatile s'est dégagée. 2° Cette matière volatilisée, étant d'une nature bitumineuse, est supposée s'être répandue dans l'Océan, « pour y former d'autres strata, qui » étoient alors déposés au fond de l'eau. » A ceci il faudroit ajouter : « Toutes les matières fuligineuses, » qui se forment par la combustion des corps à la surface de la terre, se répandent d'abord dans l'atmosphère mais elles finissent par se réunir au fond de » l'Océan (**). » Et *enfin*, un autre supplément de matières bitumineuses vient des substances végétales dissoutes, ou suspendues dans les eaux de rivières, et transportées à la mer. On suppose que la matière

(*) Brochant, tom. II, pag. 81.

(**) Théorie de la terre, vol. I, pag. 577.

bitumineuse, tirée de ces sources, se précipite seule, ou avec une portion de terre fine, également suspendue dans l'eau de la mer; et ce précipité, se consolidant ensuite par la chaleur souterraine, forme les strata de pur charbon fossile.

Il seroit ennuyeux, et tout-à-fait inutile, d'entreprendre une réfutation sérieuse de ces différentes suppositions. Quelques observations sur les erreurs les plus grossières de la théorie suffiront.

On peut d'abord observer qu'il n'y a point d'argumens directs qui établissent l'origine ignée du charbon. On essaie de renforcer la théorie par ceux qui sont tirés sur-tout de la connexion du charbon avec les autres fossiles, dont on n'a pas même prouvé l'origine ignée. Ainsi, de ce que « les lits de charbon sont » disposés de la même manière, et alternent indiffé- » remment avec tous ceux des roches secondaires, » on conclut qu'ils doivent avoir été formés par la même opération, et que cette opération a été la fusion, conclusion qui n'a rien de particulier avec le charbon, mais avec l'origine évidente des roches secondaires. On dit aussi que le charbon « est tra- » versé, comme les autres strata, par les veines de » tous les métaux, par celles de spath, de basaltes, » et d'autres subtances. » Mais ici également, l'argument n'est pas direct, et il dépend entièrement des preuves que l'on donne sur la formation de ces veines par la fusion. Enfin, on dit que les strata de charbon « contiennent, en grande abondance, des » pyrites, substance qui, plus qu'aucune autre peut- » être, est la production du feu (*). » Mais ceci, et tout ce qui précède, est fondé sur l'origine prouvée d'une substance différente, substance qui sera démontrée bientôt avec évidence devoir son origine à la voie humide.

(*) Explication, p. 98.

Il est clair, d'après cela, que les propriétés et les apparences du charbon ne fournissent point d'argumens directs en faveur de son origine ignée.

Non seulement cette opinion est insoutenable, mais encore toutes les suppositions qu'elle renferme sont dénuées de toute probabilité. Ainsi, on imagine qu'une grande partie du charbon vient du bitume produit par l'action de la chaleur souterraine sur le bois, de la combustion des matières végétales à la surface, ou de la solution ou suspension de l'huile inflammable qui se trouve dans les végétaux charriés par les rivières: et on suppose que le bitume provenu de ces sources est répandu dans l'Océan, où il se précipite pour former des strata. Mais comment cette matière se réunit-elle dans une même place; et, une fois réunie, comment se fait sa précipitation? Elle est plus légère que l'eau, et sur-tout l'eau de la mer: elle doit donc rester à la surface, et il n'existe point de cause qui la force à gagner le fond de l'eau.

Les modifications particulières de pression, supposées requises par la formation ignée du charbon, fournissent un autre argument contre la théorie. « Il » faut considérer, dit le docteur Hutton, que, tandis » que les végétaux, l'huile et les substances résineuses » étoient plongés dans l'eau, et sous une compression » insurmontable, ils ont dû être inaltérables par la » chaleur; et ce n'est seulement qu'en proportion de » certaines séparations chimiques que ces corps in- » flammables ont éprouvé un changement dans leur » substance par l'application de la chaleur. Or, le chan- » gement le plus général de cette espèce est produit, en » conséquence de l'évaporation, ou de la distillation de » leurs parties les plus volatiles, ce qui fait que les » substances huileuses deviennent bitumineuses, et » les bitumineuses charbonneuses (*). » Voilà donc

(*) Théorie de la Terre, vol. 1, pag. 70.

la supposition que le docteur Hutton a faite, et qui en effet est nécessaire à son opinion, qui veut que le charbon soit formé par l'application de la chaleur à la matière végétale, sous différens degrés de pression : car la différence, sous ce rapport, n'en donne d'autre dans le résultat, sinon que, dans tous les cas, la pression est de nature à permettre l'évaporation des principes volatiles.

On peut accorder que cette absence, ou cette diminution de pression, puisse se rencontrer dans certaines situations; mais comment se fait-il que cette indispensable condition se trouve invariablement dans les régions souterraines, toutes les fois que la chaleur est appliquée à la matière végétale? Si la pression ordinaire a été présente, cette matière, selon Hutton, n'a éprouvé par la chaleur aucun changement dans sa composition; mais, dans la nature, nous ne rencontrons aucunes collections, ou aucuns strata de matière végétale dans cet état particulier de non changement, malgré l'action de la chaleur. Cependant, puisque la chaleur a agi sur tous les autres strata sous une immense pression, elle a dû avoir la même action occasionnellement, et sous la même pression, sur la matière du charbon. L'explication de cette espèce de mystère est aisée à trouver. Les strata ordinaires sont supposés avoir été échauffés sous une immense pression, que, dans aucun cas, on ne peut croire avoir été nulle, *parce que* la présence de cette pression est nécessaire, dans beaucoup de circonstances, pour repousser certaines objections faites contre l'origine ignée, et que dans toutes, s'il est possible, il faut conserver l'uniformité. De plus, on suppose que la matière du charbon n'a été soumise à l'action de la chaleur que sous une pression *toujours* diminuée, *parce que* cette circonstance est nécessaire à Hutton, pour expliquer sa théorie de la formation. Le simple exposé de ces coïncidences de commande suffit pour

prouver

prouver qu'elles sont chimériques, et que ce sont des suppositions faites arbitrairement, parce qu'elles sont nécessaires à la théorie.

On peut faire une autre difficulté contre l'hypothèse de la formation du charbon. Les pyrites, ou le sulfure de fer, sont supposées avoir été formées par la chaleur; et cette chaleur est supposée avoir eu son action sous une pression capable d'avoir empêché le soufre, substance très-volatile, de se retirer du fer. Mais, puisqu'on trouve tant de pyrites dans le charbon, le géologue Huttonien doit répondre à ce dilemme. En supposant que la matière végétale du charbon ait été fondue sous une pression immense, capable de s'opposer à la volatilisation de ses parties, nous voilà en contradiction avec l'auteur de la théorie, qui nous dit que, sous une telle pression, la matière n'auroit pu être changée en charbon, proposition qui, suivant son hypothèse, paroît parfaitement juste. En supposant que la chaleur ait agi sous une pression diminuée, de manière à faciliter la décomposition de la matière végétale, et l'expulsion des principes volatils, voilà l'auteur obligé d'expliquer comment, dans une telle situation, les pyrites ont pu se former et se cristalliser. La difficulté devient encore plus grande; car on trouve cette substance dans l'espèce de charbon le moins inflammable, et qui, suivant la théorie de Hutton, est supposé avoir enduré la chaleur sous une pression si légère, qu'elle a pu perdre toute sa matière bitumineuse. M. Kirwan dit que le charbon de Kilkenny, qui est le plus dépourvu de bitume, contient des pyrites (*); et le docteur Hutton lui-même fait mention d'un morceau de plombagine qu'il possède, et qui est garni de pyrites (**); il considère cette

(*) Essais géologiques, pag. 473.
(**) Théorie de la terre, vol. 1, pag. 616.

substance comme la dernière de cette série, ou comme un charbon complettement dépourvu de bitume. L'explication de ces apparences, selon le système de Hutton, renferme une contradiction dans les termes. Pour expliquer la formation de cette espèce de charbon, on dit qu'il a été fondu dans l'absence de toute pression. Ensuite, les pyrites sont une substance formée par la fusion, et sous une pression assez forte, pour que le soufre, aussi volatil au moins que le bitume, garde sa combinaison avec le fer. Suivant cette théorie, il est donc impossible que cette espèce de charbon et les pyrites existent ensemble, puisque la circonstance supposée nécessaire pour la formation de l'une, devient celle qui inévitablement doit détruire l'autre.

On peut déduire un argument de la même force, de la connexion de la pierre calcaire avec le charbon. Il n'y a pas en géologie d'arrangement plus commun que celui de la pierre calcaire qui alterne avec le charbon, ou qui le recouvre. La formation de la pierre calcaire, dans le système Huttonien, est attribuée à la fusion, sous une forte compression, qui a conservé la combinaison de l'acide carbonique avec la chaux; et l'avantage que le géologue Huttonien tire de cette circonstance est considérable, et employé peut-être avec trop d'ostentation dans la défense du système. Il est toujours convenu néanmoins que, par la circonstance de la compression seule, on ne peut expliquer la consolidation de la pierre calcaire par la fusion. La formation du charbon, d'un autre côté, ne peut avoir lieu que lorsque la pression diminue ou devient nulle. Lorsque la pierre calcaire recouvre le charbon, elle peut avoir été consolidée seulement par l'action de la chaleur venue à travers le charbon. Mais, si la pression existoit sur la pierre de chaux de dessus, comment a-t-elle été absente pour le charbon de dessous? Une pareille supposition

est une absurdité palpable : ainsi, quand la théorie de Hutton seroit vraie, ou le charbon n'a pu être formé, ou la pierre calcaire a dû être convertie en chaux.

Parmi les *substances salines*, la théorie Huttonienne trouve en sa faveur un argument dans la roche de sel. Cette substance, en général, se rencontre en strata très-compactes et très-durs. Cet état, dit-on, ne peut être l'effet de la cristallisation par l'eau; elle ne peut produire qu'un assemblage de cristaux détachés, sans solidité ou cohésion; et, pour en faire une roche ferme et solide, il a fallu une chaleur capable de la mettre en fusion. « La consolidation de la roche » de sel ne peut donc s'expliquer que par l'hypo- » thèse de la chaleur souterraine (*). »

Il sera fort aisé au Neptuniste de répondre à cet argument. Si, par un changement de circonstances dans la solution, la cristallisation a été prompte, on conçoit qu'au lieu d'un assemblage de petits cristaux réguliers, il s'est formé une masse grande et ferme; ou même, si le sel d'abord déposé n'a pas été parfaitement durci, sa consolidation a pu s'achever par la filtration de l'eau saturée de sel, qui a rempli les pores de la masse.

Il paroît en même temps impossible d'expliquer, par l'hypothèse Huttonienne, comment ont été formés ces immenses strata de sel de mer qu'on trouve dans la nature : ici, tous les principes de la théorie deviennent insoutenables. On ne peut supposer que ce sel, comme les matériaux des autres strata, vienne de la désintégration d'un ancien monde; car en le supposant même, et en supposant que ce sel ait partagé la désintégration générale, il a dû nécessairement être dissous par l'eau de l'Océan, où, comme

(*) Explication, pag. 103.

les autres matériaux, il a été transporté : comment donc y a-t-il été déposé de manière à subir l'action de la chaleur souterraine? Voilà un fait reconnu inexplicable par la théorie générale; c'est pourquoi on propose une autre hypothèse : « Si on admet l'opé- » ration de la chaleur souterraine, dit le professeur » Playfair, il paroît possible que l'application locale » d'une telle chaleur ait transporté l'eau en vapeurs » d'une place dans une autre; et qu'une pareille ac- » tion, souvent répétée sur le même point, ait pro- » duit ces grandes accumulations de matières salines » qui sont actuellement dans les entrailles de la » terre (1). »

Cette hypothèse repose sur une série d'assertions gratuites si extravagantes, qu'une étant admise, la combinaison de toutes et le rapport de chacune me paroissent impossibles. Mais quelle cause, peut-on demander, a dirigé les opérations de la chaleur centrale sur un même point? Conçoit-on qu'il ait pu exister, dans un seul endroit, une chaleur qui auroit suffi pour convertir en vapeurs toute l'eau de l'Océan, qui recouvroit la matière saline pendant sa précipitation? Quelle est la cause, après cette opération, qui a arrêté l'action de la chaleur, qui a permis à la mer de revenir au lieu d'où elle avoit été chassée? et comment cette chaleur est-elle revenue travailler précisément à la même place et avec la même force, au point de convertir la mer en vapeurs, d'occasionner une nouvelle consolidation de sel, et tout cela répété un grand nombre de fois? Chacune de ces suppositions est assez romanesque pour annuler toute hypothèse qui voudroit l'adopter; mais la combinaison s'éloigne tellement de toute probabilité, que celle-ci peut-être ne le cède en rien à toutes les extrava-

---

(*) Explication, pag. 202.

gances inventées, pour une science aussi importante que la géologie, par des amateurs qui vont l'étudier dans des chimères contraires à toute espèce de raison.

Il est peut-être inutile d'ajouter ici les autres faits qui servent de réfutation à cette hypothèse. On peut observer cependant que, quand il seroit vrai que la roche de sel ne contiendroit pas l'eau de cristallisation qu'elle contient réellement, on ne pourroit pas conclure qu'elle doit sa formation à une chaleur capable de réduire en vapeurs une quantité immense d'eau qui tenoit le sel en dissolution, et que par conséquent la chaleur qui chassoit l'eau avoit le pouvoir de retenir le sel. Si le sel a été formé de cette manière, les restes d'animaux marins devroient y être communs, ce qui n'est pas; et enfin la matière saline déposée devroit être précisément celle que l'eau tenoit en dissolution, le muriate de soude, celui de magnésie, et le sulfate de chaux. Mais nous trouvons le sel de roche si peu amalgamé avec les autres, qu'il est plus pur que celui que l'art obtient de l'eau de la mer. Ce dernier fait au moins démontre la fausseté de l'hypothèse; car il est en vérité trop clair que, si la mer a été dans quelqu'endroit réduite en vapeurs, la matière de son dépôt doit être un mélange de tous les sels qu'elle tenoit en dissolution.

Il est difficile, même par la théorie Neptunienne, de donner une explication satisfaisante de l'origine de la roche de sel; mais, dans ce fossile, il n'y a point d'apparences incompatibles avec la supposition de son origine aqueuse. Les Neptunistes ont supposé que le sel peut avoir été formé dans les cavités des strata par des amas de l'eau de mer originale; que, pendant la retraite temporaire de l'Océan, l'eau s'est évaporée, et qu'étant revenue ensuite successivement, les strata de roche de sel se sont formés. Mais on objecte avec raison contre cette opinion, et contre toutes les théories qui attribuent cette roche à l'évaporation de

l'eau de la mer, qu'elle ne contient pas les substances salines qui étoient en dissolution dans l'eau, ou au moins qu'elle ne les contient que dans une juste proportion, et qu'on y trouve beaucoup moins de résidus d'animaux marins qu'on devroit le croire, si elle a effectivement cette origine. Peut-être pouvons-nous supposer que les substances salines, ensemble avec les autres, avoient existé dans le fluide original qui tenoit tous les matériaux des strata en dissolution; que celles-ci, accumulées localement, de la même manière que les matériaux de chaque stratum, avoient été, d'après des circonstances qu'on ne peut déterminer, plus ou moins cristallisées confusément; que chaque partie excédante avoit été retenue en dissolution dans l'eau, et que ces sels en conséquence y sont restés dans la proportion de leur plus ou moins de dispositions à se cristalliser. Tel est le muriate de magnésie : et il n'est pas impossible qu'une grande partie du muriate de soude, qu'on trouve maintenant dans l'eau de la mer, soit venue d'une seconde dissolution de strata formés. Ou bien, nous pouvons modifier cette explication par la supposition également probable, que d'abord la soude et l'acide muriatique du sel n'ont point été en combinaison, mais que dans le cours des altérations variées dans les attractions, quand les strata se sont précipités, ces substances, emportées en même temps, se sont unies et cristallisées, si elles se sont accumulées dans le même lieu. Une telle supposition se trouve confirmée par ce fait, que dans beaucoup de strata, dans le trapp, par exemple, selon les belles expériences du docteur Kennedy, la soude et l'acide muriatique existent, et que le sel de mer lui-même se trouve quelquefois dans les strata primaires. Cette hypothèse générale, modifiée par l'une de ces deux manières, ne renferme pas de suppositions improbables, et explique peut-être la production de ce fossile.

Une autre substance saline, variété du carbonate de soude, trouvée en Afrique, est regardée par le docteur Hutton comme une preuve de la consolidation par la fusion. Cette substance est supposée avoir fait partie d'une veine, puisqu'elle a sur un de ses côtés une croûte pierreuse; elle a une structure spathique, et ne contient environ qu'un sixième de l'eau de cristallisation renfermée ordinairement dans ce sel cristallisé. C'est cette dernière circonstance qui fait croire qu'elle ne doit pas son origine à l'eau.

On ne nous dit pas pourquoi ni comment on suppose que ce sel a été formé d'après le système Huttonien; et, selon les principes de ce système, il semble impossible de donner aucune explication de son origine. Chaque substance qui fait une partie solide de la surface du globe, est supposée venir de la ruine d'un premier monde, et avoir été déposée par la mer. Mais supposé que le carbonate de soude ait existé dans les strata du premier monde, lorsqu'il a été dissous dans les eaux et porté à la mer, il doit y être resté en dissolution, et s'y être divisé au point de n'en pouvoir découvrir dans la nature la plus petite partie; et on ne peut imaginer une cause conforme au système, qui ait pu le précipiter. La théorie même qu'on emploie pour expliquer la formation du sel de mer, tout extravagante qu'elle soit, ne peut s'appliquer à la chose en question; car, si l'eau de la mer a été exposée à une chaleur locale capable de la convertir en vapeurs, ainsi que ce qu'elle tenoit en dissolution, il est clair que le carbonate de soude pur n'a pu être déposé, mais qu'il s'est mêlé avec le muriate de soude et les autres substances en dissolution dans l'eau de la mer; ou plutôt, si jamais il a été porté à la mer, il doit avoir été immédiatement décomposé par le muriate de magnésie, et n'a jamais pu exister dans les eaux de l'Océan. La théorie Huttonienne ne peut donc établir une supposition qui

tende à prouver que le carbonate de soude a pu être formé comme une substance fossile. M. Kirwan avance, comme une preuve de sa non-fusion, les grains de sable qu'on y trouve, qui, dans une pareille circonstance, se seroient nécessairement vitrifiés. En supposant qu'il eût été en fusion, il faudroit encore expliquer comment la pression a agi avec cette juste mesure qui a permis à la plus grande partie de son eau de cristallisation de se retirer, tandis qu'il n'a rien perdu de son acide carbonique, quoique saturé avec lui par excès, et qu'il ne retient cet excès que par une très-foible affinité.

La production de ce sel, s'il fait partie d'une veine, peut être expliquée, selon le système Neptunien, par une hypothèse semblable à celle que nous avons proposée pour la formation de la roche de sel; et, par sa cristallisation précipitée, ou son excès d'acide carbonique (que l'on trouve d'après l'analyse), la diminution de son eau de cristallisation peut s'expliquer. C'est pourquoi, si, comme le soutient Bergman, il est vrai que le carbonate de soude trouvé en terre, dans l'Inde et en Afrique, soit dépourvu de sel commun à sa surface, et qu'il en contienne dans l'intérieur, il est probable que ce sel peut avoir été formé à la surface, de la décomposition du muriate de soude par quelque pouvoir inconnu; et de là peut venir la diminution de son eau de cristallisation.

Avant de terminer l'argument des substances salines, sur leur formation, il en est une dont la géologie de Hutton ne fait pas mention; c'est le gypse ou le sulfate de chaux. Ce sel est soluble dans cinq cents fois son poids d'eau; et, par conséquent, s'il eût existé dans l'ancien monde, et s'il eût été porté dans l'Océan par la désintégration, il auroit dû être resté en dissolution dans l'eau jusqu'à parfaite saturation avec elle; et il n'en existe pas assez dans la nature pour produire cet effet. Il reste donc à démontrer com-

ment il a pu se réunir dans des lieux particuliers, et s'y précipiter. La théorie employée pour expliquer le sel de mer, n'est ici d'aucun secours; car, si nous le supposons dans un endroit de l'eau de la mer en grandes masses, l'évaporation de cette eau ne peut rendre compte de sa consolidation, puisqu'elle a dû être accompagnée du sel de mer, substance dont, d'après Saussure, le gypse ne contient pas un atôme. Voilà donc un autre fossile dont la théorie de Hutton ne peut donner d'explication. Par les principes du Neptuniste, on doit probablement découvrir son origine, par la manière employée pour connoître celle de la roche de sel.

L'état dans lequel on trouve les métaux dans la nature, soit purs, soit combinés avec d'autres substances, paroît présenter un argument solide en faveur de l'hypothèse de Hutton; car la fluidité qui a précédé leur consolidation, peut avoir été produite par la fusion; mais à peine pouvons-nous dire par quel dissolvant cet effet a eu lieu. L'or, l'argent, le cuivre et d'autres métaux, se rencontrent souvent natifs ou sans combinaisons : « D'après tous ces échantillons, » on peut affirmer, en toute sûreté, que s'ils ont jamais » été fluides, ou même amollis, ils doivent l'avoir » été par l'action de la chaleur; car supposer que ce » métal ait été précipité pur et sans combinaisons dans » une menstrue quelconque, c'est aller contre toute » analogie, et soutenir une impossibilité physi- » que (*). »

L'assertion de ce paragraphe est plus forte que les preuves tirées des faits; car, quoiqu'il soit difficile de montrer le mode de précipitation qu'ont eu les métaux, cependant leur précipitation dans une menstrue, loin d'être une impossibilité physique,

(*) Explication, pag. 168.

est ce qui arrive tous les jours, et ce qu'on peut effectuer à discrétiou. Les métaux dans un état de combinaison avec les acides, et de solution dans l'eau, se précipitent dans leur état métallique par l'un ou par l'autre, par l'hydrogène pur, par l'hydrogène sulfuré, et d'autres corps inflammables. Le Neptunien reconnoîtra de bonne foi qu'il est extrêmement difficile de déterminer, même en hypothèse, par quel agent particulier les métaux ont été dissous et précipités; mais en même temps il a une ample démonstration que c'est de cette manière qu'ils ont été formés, et non par la fusion.

Cela se prouve par l'état de cristallisation qu'on leur voit souvent. « Les morceaux de quartz contenant l'or et l'argent en efflorescence, et avec les » ramifications les plus belles et les plus variées, sont » dans les cabinets de tous les curieux, et portent » dans leur structure la preuve la plus claire que » le métal et le quartz ont été amollis, et se sont » cristallisés ensemble (*). »

On peut dire que c'est soutenir une impossibilité physique que d'avancer que, par la simple fusion, le quartz et l'or, ou le quartz et l'argent, aient pu se cristalliser ensemble au point d'en montrer les apparences. Ces métaux sont fondus par une chaleur, qui, comparée même avec les degrés que nous sommes capables de produire, peut être appelée très-modérée, tandis qu'il nous est impossible de fondre le quartz. Si, donc, chaque substance a été en fusion, par une réduction de température, le quartz doit être devenu solide bien avant le métal; et il est impossible que le métal ait pu percer à travers le qnartz, ou, pour parler d'une manière plus précise, l'or fond à une température égale à 32° du pyromètre de

(*) Explication, pag. 168.

Wedgewood, et, à toute température au-dessus de celle-ci, il doit rester fluide : le quartz ne fond pas au plus haut degré de chaleur qu'on ait pu mesurer exactement ; mais, d'après les expériences de Saussure, ce ne peut être moins qu'à 4,043° de l'échelle de Wedgewood, et conséquemment, à toute température au-dessous de celle-ci, il doit rester solide : — accordons cependant à l'Huttonien, que le quartz et l'or ont été en fusion ; il est évident qu'à une réduction de température, jusqu'à 4,000, le quartz deviendra solide, ou se cristallisera ; mais il est également certain, qu'à cette température, et plus bas que 3,900, l'or restera fluide : la supposition donc, que l'or devenu solide ait pu percer le quartz fluide, implique contradiction dans les termes, ou présente une impossibilité physique ; et, en conséquence, les différentes apparences dans ces morceaux qui prouvent que le métal et le quartz se sont cristallisés ensemble, ou que le premier s'est cristallisé d'abord, démontrent, autant qu'aucun phénomène peut le faire, que ces cristallisations ne sont pas le résultat d'une simple fusion. Il n'y a sûrement pas de présomption à affirmer que, si on n'admet pas cela comme une conclusion évidente, et une démonstration aussi certaine que possible, il faut renoncer à tous raisonnemens ; car il n'existe pas une proposition d'une vérité plus palpable, ou plus de contradiction dans les termes de la proposition inverse. L'exposé des faits, comme favorable au système Huttonien, est un exemple frappant de la séduction qui s'empare d'un esprit qui veut soutenir une hypothèse favorite, puisque ces mêmes apparences qu'on nous donnoit pour preuves de sa vérité, sont devenues des preuves de sa fausseté.

Il y a peut-être un moyen d'éloigner cette difficulté. On peut concevoir que le quartz est devenu solide le premier, et que les fentes en ont été remplies par l'or

cristallisé. Mais M. Playfair lui-même a réfuté une pareille supposition d'une manière fort claire. « Il n'y » a pas la moindre ressemblance entre les canaux dans » lesquels le métal s'insinue dans le quartz, et les » fentes ou fissures ordinaires des pierres; un système » de tubes creux, serpentant à travers une pierre, » (puisqu'ils doivent avoir existé avant d'être rem- » plis de métal), est en lui-même plus inconce- » vable que la chose qu'on veut expliquer; et, enfin, » si la pierre avoit été ainsi perforée par ces tubes, il » seroit encore incompréhensible qu'ils ne se joignis- » sent pas tous exactement, et qu'ils ne se réunissent » pas les uns aux autres par leurs extrémités (*). »

La conclusion qu'on peut tirer de cet argument a quelque chose de singulier : plus l'objection est forte, et le professeur Playfair ne peut pas en faire une plus forte, plus elle est favorable en général au système Neptunien. Plaçons-la dans tout son jour, et supposons même qu'elle mette le Neptuniste dans l'impossibilité de donner aucune conjecture probable sur le mode de formation des métaux par la solution; quelle est la conclusion la plus juste? C'est que des difficultés de cette espèce sont inséparables du sujet, ou de l'imperfection de nos connoissances, et qu'elles sont comparativement de peu d'importance, si elles ne sont pas en contradiction avec les principes de la théorie, ou avec les faits établis. D'après les apparences des métaux, d'après l'or cristallisé disséminé dans le quartz seul, nous avons une démonstration claire et évidente, qu'ils ne doivent pas leur origine à la fusion. Il ne nous reste d'autre moyen à imaginer que celui de la solution : nous avons montré déjà comment, par la solution simultanée, la consolidation peut avoir eu lieu; et il est assez clair que,

(*) Explication, etc., pag. 155.

quoique le quartz soit moins fusible que l'or, et doive par conséquent se consolider avant lui par *la fusion*, il peut être plus soluble dans la menstrue où tous les deux ont été dissous, et a pu rester fluide pendant que l'or se cristallisoit par *la solution*. Mais, quand il seroit impossible de conjecturer comment ils se sont consolidés par la solution, de manière à produire les apparences observées, il faudroit encore conclure qu'ils ont été formés de cette manière; car, dans une hypothèse, nous ne manquons que par l'impossibilité de l'explication, tandis que dans l'autre, nous sommes en contradiction directe et positive avec une vérité établie.

La preuve de l'origine aqueuse des métaux peut donc s'étendre bien loin, puisque certainement il n'y a point de fossiles qui, à la première vue, aient moins l'apparence d'une origine aqueuse. D'elle-même aussi elle établit une origine semblable pour presque tous les minéraux, car les métaux sont tellement amalgamés avec plusieurs d'entre eux, avec le quartz, le carbonate et le fluate de chaux, le sulfate de baryte et autres, que l'origine de l'un, quelle qu'elle soit, doit avoir été l'origine de l'autre.

On cite quelques autres exemples de métaux natifs comme preuves favorables à la théorie de Hutton, particulièrement les grands échantillons de fer natif trouvés en Sibérie et au Pérou. La circonstance la plus remarquable de ces morceaux est leur immensité. Celui de la Sibérie pèse 15 tonneaux (*a*); il est doux et malléable. Celui de l'Amérique est aussi très-grand, et porte une apparence particulière, — l'impression à sa surface du pied humain et de pattes

---

(*a*) Le tonneau est une mesure du poids de 2,000 livres.
(*Note du Traducteur.*)

d'oiseaux. On conclut que ces masses ont été formées par la fusion, qu'elles ont fait partie d'une veine détruite, et qu'étant une substance plus durable, elles sont restées à nu sur la terre.

En considérant les circonstances singulières de ces masses, que conclura celui qui est guidé par les règles ordinaires du raisonnement? Il dira simplement que leur origine est, pour le moment, inexplicable. Le partisan de la théorie Huttonienne suit une autre marche, parce qu'il est inconcevable, suivant lui, qu'elles aient été formées par la précipitation après la solution; il conclut qu'elles ont été formées par le feu, et le soutient comme preuve de son système. Nous n'avons aucune instruction sur la circonstance particulière d'une de ces masses; on ne nous dit pas comment les oiseaux et les hommes ont fait pour parvenir jusqu'aux régions centrales, et pour laisser leurs traces sur le fer fondu; mais on se contente d'observer que de pareilles circonstances « ne peuvent s'expliquer par aucune » hypothèse, et qu'elles demandent certainement un » examen plus sérieux (*)! » La conclusion eût été plus exacte, en disant : que ces circonstances démontrent que ces masses n'ont pu être formées ni par la fusion ni par l'injection. Le fait peut être cité comme une singularité dans un système d'histoire naturelle; mais, en raisonnant sur la théorie de la terre, il ne peut être admis tant qu'il restera dans une pareille obscurité, et il peut encore moins être avancé comme preuve de la fusion des minéraux.

La combinaison naturelle des métaux avec le soufre est un autre argument pour le géologue Huttonien. On observe que ni le métal ni le soufre ne sont solubles dans l'eau, et que le sulfure métallique,

(*) Explication, etc. pag. 151.

même formé, est décomposé par l'eau, tandis que, d'un autre côté, le soufre et la plupart des métaux peuvent être fondus et combinés par la chaleur. De là, on conclut que les pyrites, et les autres combinaisons naturelles du soufre avec les métaux, ont été formées par la fusion, et cette conclusion a été employée comme un argument qui fait preuve de l'origine ignée d'un grand nombre de fossiles où se trouvent ces sulfures.

L'argument, *à priori*, que les pyrites ne peuvent être formées par la voie humide, parce que ni le soufre ni le métal ne sont solubles dans l'eau, est fondé sur une fausse conclusion; car, en accordant le fait, chacune de ces substances peut s'être combinée avec d'autres qui l'ont rendue soluble: dans cet état de solution, il est possible que par leurs affinités chimiques elles aient quitté les matières auxquelles elles étoient unies, et qu'elles se soient combinées ensemble. C'est ce qui arrive dans l'exemple de l'hydrogène sulfuré, et dans une foule de sels métalliques, ou d'oxides. Si ce composé d'hydrogène et de soufre est introduit dans une solution de sel de plomb, l'hydrogène se combine avec l'oxigène de l'oxide métallique, et le plomb se combine avec le soufre, et forme un composé qui, suivant l'observation de Vauquelin, a toutes les propriétés de la galène. Il n'est pas nécessaire que le métal soit combiné avec un acide; car, s'il y a humidité, il s'oxidera, et sur cet oxide l'hydrogène sulfuré est capable d'agir, et de produire un métal composé, ou la même substance est capable d'agir sur les métaux purs.

Cet argument doit être admis comme très-concluant, lorsqu'il est prouvé que les pyrites, et les autres composés de métaux et de soufre, sont formés dans la nature par la voie humide, et qu'il en existe des preuves sans nombre.

On trouve les pyrites dans des situations qui indiquent clairement leur formation aqueuse. Elles sont réunies aux cristaux calcaires qui tapissent la cavité intérieure des coquilles : et celles-ci n'ont point été mises en fusion, puisque la chaleur nécessaire pour fondre les pyrites ou les cristaux calcaires auroit détruit la texture de la coquille ; — souvent on les voit sur les impressions des substances organiques, sur-tout d'animaux, dans le charbon et les autres fossiles ; elles existent dans le bois bitumineux, qui, il faut en convenir, n'a pas éprouvé la fusion ; on les a vues former la surface du bois dans les mines, et dans d'autres positions ; tout cela conduit à la même conclusion que celle que M. Kirwan tire d'exemples semblables (*).

Les observations de M. Wiseman touchant les effets produits par les eaux de la mare de Diss, sur les substances métalliques ; et les expériences postérieures de M. Hatchet sur le même sujet, sont particulièrement favorables à la formation aqueuse de ces composés. M. Wiseman a observé que les flints, et les autres pierres, plongés pendant quelque temps dans cette eau stagnante, étoient couverts de taches métalliques. Par l'analise on a trouvé que c'étoit du sulfure de fer ; et, en plongeant le cuivre dans cette eau, on l'a retiré incrusté d'une substance composée de 70 parties de cuivre ; 16, 6 de soufre, et 13, 3 de fer. Cette incrustation étoit même dans l'état de cristallisation. Les expériences sur cette substance, et sur l'incrustation des pyrites martiales sur les flints, ont été confirmées par M. Hatchet. Il observe qu'il n'y a point à hésiter sur le premier de ces effets ; et, quant au second, il le considère comme « ayant » toutes les propriétés de cette espèce rare de mine

(*) Essais géologiques, pag. 400.

« de

» de cuivre, que les Allemands appellent *kupfer* » *schwartze* (*cuprum ochraceum nigrum*), et comme » étant absolument le même. » D'après l'intention de M. Hatchet, on a plongé de l'argent dans cette eau, et il en est sorti incrusté d'une substance « semblable, » sous tous les rapports, à la mine d'argent sulfurée » ou vitreuse, appelée par les Allemands, *glasertz*. » Ce célèbre chimiste ajoute : « Il y a lieu de croire » que des effets pareils à ceux-ci ont été, et sont » journellement produits dans différens lieux, et sur » une plus grande échelle. Les pyrites, dans le charbon, ont été ainsi formées en grande abondance. » Telle est l'origine des bois pyriteux ; et, par la perte » subséquente du soufre et l'oxidation du fer, ce » bois pyriteux paroît avoir les apparences d'une » mine de fer qu'on rencontre par-tout (*). « Il ne peut donc y avoir de doute sur la formation des sulfures métalliques par la voie humide ; et, au lieu d'avoir des difficultés pour expliquer l'origine de ces substances, le Neptuniste peut avec raison les présenter comme une preuve de sa théorie, preuve d'une très-grande importance, par les connexions étendues qu'elles ont avec les autres fossiles.

S'il étoit nécessaire de dire quelque chose de plus sur ce sujet, ce qui n'est pas, on pourroit remarquer que, d'après le mode d'union de ces composés avec certains fossiles, nous avons la même démonstration qne dans l'exemple des métaux purs, qu'ils n'ont pu être formés par la fusion. Non seulement on trouve le sulfure de fer, mais encore ceux d'antimoine, de mercure et d'argent, souvent cristallisés, ou disséminés dans le quartz et les autres fossiles. Or ces sulfures se fondent très-aisément, tandis que ces fossiles comparativement sont infusibles ; il est donc

(*) Trans. philosophiques, 1796, pag. 567.

impossible que les premiers aient pu se cristalliser dans les derniers, ou y aient été disséminés, puisque, pour admettre leur cristallisation régulière, ou leur dissémination dans un autre corps, il faut que ce corps ait opposé peu ou point de résistance, ou qu'il ait été entièrement fluide, ou extrêmement amolli; mais le quartz n'a pu être fluide par la fusion, et dans le même temps que le sulfure d'antimoine et de mercure étoient solides.

La structure et les apparences du *granite*, comme fossile, ont été présentées par le docteur Hutton comme favorables à son hypothèse. Il n'y a point de doute que cette roche n'ait été autrefois fluide. Ses parties constituantes, particulièrement le feld-spath, et quelquefois le quartz, sont cristallisées, et il n'est pas rare d'y trouver d'autres fossiles cristallisés. Le docteur Hutton tire la preuve de la consolidation d'après cette fluidité, de ce que, par la fusion, les parties du granite ont laissé des impressions les unes sur les autres. L'espèce de granite appelé *graphique* le conduit sur-tout à cette déduction. Le feld-spath y est cristallisé comme à l'ordinaire sous la forme rhomboïdale, et ses cristaux s'impriment sur le quartz, le jettent en quelque sorte de côté, et le mettent dans sa situation particulière, le long des côtés du feld-spath rhomboïdal. « Le granite n'est donc pas un amas de par- » ties qui, après avoir été formées séparément, ont » été réunies et agglutinées d'une manière quelcon- » que; mais il est certain que le quartz au moins » étoit fluide, lorsqu'il a été moulé sur le feld- » spath. » Et « cette fluidité n'a pas été l'effet de la » solution dans une menstrue; car, dans ce cas, une » espèce de cristal n'auroit pas fait impression sur » l'autre, mais chacun auroit conservé sa forme » particulière (*). »

(*) Explication, etc., pag. 253.

On a déjà montré comment la consolidation simultanée avoit eu lieu par la solution; et la structure du granite, dans cette circonstance, ne peut donner d'argumens contre son origine aqueuse; mais elle offre la démonstration la plus claire que sa formation n'est pas due à la fusion. Le feld-spath est une substance incomparablement plus fusible que le quartz. La fusion du premier varie de 120 à 150° de l'échelle de Wedgewood, tandis que celle de l'autre ne s'effectue qu'à 4,043°. Ainsi c'est une proposition évidente par elle-même, que la même masse de quartz n'ait pas été fluide lorsque le feld-spath étoit solide; et, puisque dans ce granite graphique le quartz est monté sur le feld-spath cristallisé (et dans la majeure partie des granites, le feld-spath est cristallisé, tandis que le quartz ne l'est pas), la fluidité, qui a précédé la consolidation des deux, n'est pas l'effet de la fusion par la chaleur.

La force de cet argument, pris de la cristallisation du feld-spath dans le granite, peut être appréciée par une simple considération. Si l'apparence de ce fossile eût été contraire, si le quartz se fût cristallisé, et eût percé à travers le feld-spath, n'eût-il pas été une preuve, ou au moins une forte présomption, que tous les deux auroient été consolidés par la fusion? Cependant le fait, tel qu'il est, est encore plus fort pour prouver que ce n'a pas été là leur origine, puisqu'il est évidemment impossible que, dans deux substances fondues ensemble, la plus fusible se durcisse avant celle qui l'est le moins, ou qui exige la plus grande chaleur pour conserver sa fluidité. Si, par quelque cause que nous ne pouvons concevoir, la première est devenue concrète, la haute température que conserve l'autre, pendant sa fluidité, doit aussitôt la soumettre à une seconde fusion.

On peut citer ici plusieurs faits, qui sont autant

d'argumens de la même espèce; ceux, par exemple, où des fossiles sont cristallisés régulièrement dans d'autres qui sont beaucoup moins fusibles. Ainsi, outre la cristallisation du feld-spath dans le granite, il n'est pas rare de trouver des cristaux réguliers enchâssés dans le quartz, preuve certaine que le feld-spath est devenu solide, pendant que le quartz étoit fluide: d'après la fusibilité connue de ces substances, c'est précisément le contraire de ce qui est arrivé, si la consolidation est due à la fusion. Le schorl est une substance comparativement aisée à fondre, cependant il est souvent cristallisé dans le quartz; ses fibres, plus fines que des cheveux, percent de grandes masses de quartz dans toutes les directions; leurs différentes ondulations et courbures prouvent décidément que le quartz a été liquide lorsque la cristallisation du schorl s'est effectuée. L'asbeste est une autre substance dont les filamens les plus délicats traversent le quartz, quoiqu'il se fonde à 378° de l'échelle de Wedgewood. Et, sans rapporter plus d'exemples, le schiste micacé est une roche d'une fusion très-difficile; cependant c'est la matrice commune où les grenats sont enveloppés; et, quoique ceux-ci soient plus aisés à fondre, ils sont cristallisés dans cette substance avec la plus grande régularité. Il est inutile de raisonner davantage sur de pareils faits : s'ils ne prouvent pas que ces fossiles n'ont pas été formés par la fusion, on ne peut rien conclure en géologie, et il faut abandonner tout essai de théorie.

Le *whin* ou le *trapp* est une roche qui passe insensiblement dans le granite, de manière que ce qui est prouvé pour l'une, peut être considéré presque comme prouvé pour l'autre. Il y a pourtant quelques faits particuliers au whin, que les partisans de la théorie de Hutton regardent comme des preuves de son origine ignée.

Le whin, dit-on, ressemble tellement à la lave par ses apparences, qu'on a pris quelques-unes de ses variétés pour des produits volcaniques. Cette ressemblance « fait soupçonner que ces deux pierres ont la » même origine, et que, comme il est certain que la » lave est une production du feu, il est probable » que le *whinstone* en est une aussi (*). » Une des différences qui existent entre elles, est que le *whinstone* contient des spaths calcaires, ce que les laves n'ont pas; et le système Huttonien explique également cette différence, en ce que cette substance peut être formée dans le whin par la fusion qui s'est opérée sous une forte pression, tandis qu'elle a dû être décomposée dans les laves fondues à l'air libre. « Ainsi, » ajoute-t-on, le *whinstone* est regardé comme une » lave souterraine, *qui n'a pas fait éruption*; et » notre théorie a l'avantage d'expliquer l'affinité et » la différence qui sont entre ces deux corps pierreux, » sans introduire une nouvelle hypothèse. Dans le sys- » tème Neptunien, l'affinité du *whinstone* et de la lave » est un paradoxe qui n'admet point de solution (*). ».

On peut répondre à cet argument, que la simple ressemblance, dans les apparences de ces deux fossiles, est une preuve bien foible d'une origine semblable, puisque, dans beaucoup de cas, on peut trouver de fortes ressemblances entre des fossiles différens dans leur nature. Mais, quand la conclusion seroit juste en général, elle ne le seroit pas dans le cas présent, parce que la ressemblance peut très-aisément être expliquée d'une autre manière. Il est très-probable que la lave vient de roches de la nature du whin, fondues par le feu volcanique. Il est confirmé,

---

(*) Explication, pag. 203.

(**) Explication, pag. 209.

par les descriptions de Spallanzani, et d'autres minéralogistes, que les roches de cette espèce forment la base des contrées volcaniques. Les zéolithes, les leucites, et d'autres fossiles, s'y trouvent ordinairement comme dans les laves, mais, suivant l'opinion des meilleurs minéralogistes, altérés, et non formés par le feu des volcans. Enfin, les analyses du docteur Kennedy prouvent la presque ressemblance dans la composition du trapp et de la lave. « Ils montrent, » comme il l'observe lui-même, que le whin, et » une certaine classe de laves, pris sur des points du » globe très-éloignés les uns des autres, ont tous en » particulier les mêmes élémens, et presque dans la » même proportion. La seule circonstance où ils dif- » fèrent beaucoup, c'est la perte, dans le feu, de » quelques matières volatiles, particularité qui » appartient au whin seul. » Ainsi, la conclusion va même jusqu'à prouver, par une grande probabilité, que la lave a été formée par la fusion du trapp; et, si cela est vrai, la ressemblance entre eux ne prouve pas du tout qu'ils ont la même origine. Quelle que soit l'origine du trapp, qui ne peut être qu'aqueuse, on conçoit parfaitement que, s'il eût été fondu, comme aucun de ses principes n'a disparu, il a pu former une substance semblable, dans ses propriétés, au trapp original. Il est également évident que la différence entre le trapp et la lave, qui ne contient pas de carbonate de chaux, est, d'après cette supposition, bien expliquée, puisque, si le trapp a été fondu à l'air libre, l'acide carbonique a dû se séparer de la chaux. L'affinité, entre la lave et le *whinstone* dans quelques points, et leur différence dans d'autres, sont donc parfaitement expliquées, et ne doivent pas être regardées comme formant, « dans » le système Neptunien, un paradoxe qui n'admet » point de solution. »

Mais il existe, entre ces deux substances, une différence que le géologue Huttonien n'a pas remarquée, et dont il aura peine à rendre compte. On nous dit que le trapp ne diffère de la lave que dans les circonstances de leur formation, que l'une de ces substances s'est répandue à la surface comme une matière fondue qui a fait irruption, et que l'autre s'est jetée parmi les strata solides, et s'y est consolidée sous une immense pression. On explique par-là dans l'une la présence du carbonate de chaux, tandis qu'on l'exclut de l'autre; et il suit de l'assertion même, que la lave et le trapp ne diffèrent que dans quelques propriétés ou apparences susceptibles d'être l'effet de la cause spécifiée. Le géologue Huttonien veut-il nous apprendre comment les agates et les masses ou veines de quartz, ou même ses cristaux réguliers, si abondans dans le basalte, ne se trouvent pas dans la lave? L'absence de la pression n'a pu s'opposer à leur formation; ou les rendre plus susceptibles de destruction, s'ils avoient été formés; et il est évident que la lave et le trapp, d'après la théorie de Hutton, ne doivent différer en rien, que par l'effet occasionnel produit dans l'un des cas par l'absence de la compression.

La structure en forme de colonnes que le whin très-grenu prend quelquefois, et qui forme le basalte, a été supposée comme preuve de son origine ignée, parce que la lave, dit-on, en sortant des volcans, prend souvent la même figure. Il faut observer que, dans la plus grande partie des laves qui coulent sous différentes situations, ou après leur longue exposition à l'air, ou après leur rapide précipitation dans la mer, on n'a point observé cette apparence de colonnes; et nous avons beaucoup d'exemples très-douteux de roches qui ne sont pas volcaniques, et que l'on a souvent confondues avec les laves. Si on admet que quelquefois la lave réelle

affecte la forme d'une colonne (et de tels phénomènes, s'ils existent, sont fort rares), encore démontrent-ils bien clairement que ce n'est point un effet résultant de leur espèce de fluidité, ou de leur mode de cristallisation, puisqu'il n'existe pas dans le plus grand nombre des cas où ces causes ont dû également opérer. Si réellement le fait a eu lieu dans une circonstance, il a dû se répéter dans presque toutes les variétés du whin, et même dans les autres roches non stratifiées. On peut donc attribuer cet effet, avec plus de probabilité, à une autre cause; — la nature particulière ou la composition de la matière de la lave : si cela est vrai, comme la raison nous porte à le croire, il est évident que, puisque le basalte est parfaitement semblable à la lave dans sa composition, elle peut prendre la même forme dans sa consolidation par l'origine aqueuse; qu'en un mot, si la forme ne vient pas de la consolidation, mais d'une propriété qui appartient à la substance, et qui est due à sa composition, elle peut se montrer également dans la lave durcie après la fusion, et dans le basalte devenu solide après la solution. Il n'est pas invraisemblable que cette propriété ne vienne surtout de l'abondance de l'argile dans ces fossiles, comme dans la mine de fer argileuse, dans quelques variétés de marne, et même dans d'autres pierres argileuses, — substances qui, au moins quelques-unes d'elles, n'ont évidemment jamais été fondues.

« Une marque de fusion, ou au moins de l'opération
» de la chaleur, que le *whinstone* possède en com-
» mun avec les autres minéraux, c'est sa disposition
» à être pénétrée par les pyrites, — substance, qui,
» comme on l'a déjà dit, est, parmi toutes les autres,
» le plus exclusivement la production du feu (*). »

(*) Explication, etc. pag. 211.

On a déjà montré plus haut la probabilité d'une origine aqueuse pour les pyrites ; et par conséquent ce fait devient un argument sans réplique pour la formation aqueuse du whin. On tire un argument semblable de la présence des agates dans le trapp, fossiles qu'on suppose avoir des marques d'origine ignée. Cette supposition a été examinée, et, par la conclusion, on a tâché de prouver que, comme les autres fossiles, ceux-ci doivent leur formation à l'action de l'eau.

Le dernier argument en faveur de l'origine ignée du whin, dont on n'a pas parlé, est celui qu'on déduit des expériences de sir James Hall. On a souvent avancé, comme une objection contre l'opinion de l'origine ignée du basalte, qu'il devroit avoir un lustre vitreux et des fractures, puisque par la fonte toute combinaison terreuse produit toujours quelqu'espèce de verre, et puisque le basalte lui-même, par la fusion, donne un verre réel. Sir James Hall, par un grand nombre d'excellentes expériences, a montré clairement que, lorsque cette pierre est en fusion, si le refroidissement est lent, elle prend un caractère pierreux, ou se distingue difficilement du basalte réel, et que ce n'est que lorsqu'elle refroidit promptement qu'elle acquiert les propriétés du verre.

Les conclusions déduites de ces expériences par quelques partisans de la théorie de Hutton, ont été portées beaucoup plus loin qu'ils n'ont été capables de les soutenir, et que leur auteur ne le vouloit. De ce que, de la fusion du trapp ou du basalte, une circonstance particulière a produit une substance semblable à ces fossiles, on a conclu des moyens de leur première formation, une preuve de leur fusion. Cette conclusion est évidemment une erreur : la fusion du basalte, comme il ne contient aucune substance volatile de quelque importance, ne peut

altérer sa composition ; et en conséquence, quand il redevient solide, il doit avoir toutes ses premières propriétés. Si même les terres simples, dont le basalte est composé, avoient été mêlées ensemble dans les propriétés qu'indique son analyse, — si, par la fusion elles avoient été réunies, et avoient formé une substance semblable au basalte naturel, cela ne prouveroit point encore la formation ignée de ce fossile ; car, comme tous les composés tirent leurs propriétés de leur composition, si leurs parties constituantes sont susceptibles d'être réunies par la voie humide, ainsi que par la fusion, on doit attendre, dans les deux cas, un composé semblable, et la production d'un tel composé par une de ces manières, ne prouve pas qu'elle n'a pu avoir lieu par l'autre manière. Si donc on avoit fait cette expérience, on n'en pourroit point tirer une pareille conclusion, et encore moins de ce que, par la simple fusion du basalte naturel, il en est résulté, en refroidissant lentement, une substance semblable à lui. Dans le raisonnement le plus strict, cette expérience n'ajouteroit rien de positif à l'évidence du système Huttonien ; seulement elle éloigneroit une objection qu'on auroit pu lui faire avec justice ; — et sous ce point de vue, elle peut avoir quelque avantage pour les partisans de cette doctrine.

On remarque que « les expériences d'un autre » chimiste célèbre, le docteur Kennedy, ont montré » que le *whinstone* contenoit un alkali minéral, qui » avoit par conséquent beaucoup aidé sa fusion (*). » On peut ajouter que la présence de cet alkali n'a pas moins contribué à la solubilité de la matière du whin dans l'eau.

(*) Explication, pag. 219.

Outre les preuves de l'origine aqueuse du whin que nous avons citées dans le cours de cet argument, on peut ajouter qu'il y a des faits qui la confirment irrévocablement. C'est l'existence des corps étrangers qu'on y trouve, et qui n'y seroient pas, s'ils y avoient été jetés des entrailles de la terre dans un état de fusion. M. Jamieson, dont l'opinion fait autorité, en a donné l'énumération. Werner a trouvé dans la wacke de grands arbres avec leurs branches, leurs feuilles, leurs fruits; et il observe que quelquefois on y rencontre des bois de cerfs. Saussure y a découvert des os de quadrupèdes; et d'autres minéralogistes assurent qu'elle contient des coquilles, des impressions de végétaux, et des morceaux de bois. Par rapport à quelques-uns de ces corps étrangers, on a dit que ce n'est point dans le basalte qu'on les trouve, mais dans les strata qui alternent avec lui : et, dans certains cas, cela paroît être vrai. Mais nous ne sommes pas fondés à supposer des erreurs aussi grandes dans les observations de Werner et de Saussure, et ces observations sont des preuves décisives de l'origine aqueuse de ces roches.

Ainsi, les propriétés des substances qui constituent les roches non stratifiées, ainsi que leurs positions, excluent l'opération du feu, et prouvent qu'elles doivent leur origine à l'eau.

Nous avons donc terminé l'examen des théories *Huttonienne et Neptunienne*; et il n'est pas difficile de se faire une opinion de leur mérite. Au système de Hutton appartiennent la gloire de la nouveauté, la hardiesse de la conception et l'étendue des vues. Son auteur a voulu non seulement expliquer les apparences actuelles de la terre, mais encore tracer un système dans lequel fût développée la formation des mondes successifs; il a cherché à étendre cet ordre, cet arran-

gement, ce principe d'équilibre et de restauration observé dans toutes les opérations de la nature, à la constitution du globe lui-même; et il a réussi en traçant une esquisse qui flatte l'imagination par l'apparence de la grandeur et du dessein.

Mais telles sont les seules qualités de la théorie, et elles ont été certainement beaucoup trop prisées par ses partisans. Lorsque tout tend à satisfaire l'imagination, lorsqu'on passe les limites d'une stricte induction, l'expérience, et sur-tout l'expérience en géologie, montre qu'il n'est pas difficile de bâtir un système, et de lui donner cette apparence d'utilité de principes, et cet arrangement convenable des parties qui font les attributs d'une parfaite théorie. Voilà peut-être ce que l'auteur du système Huttonien a fait; mais un philosophe, plus juste et plus prudent dans ses raisonnemens, sera surpris de tout ce qui manque aux conditions du système, et il ne croira jamais que l'extravagance, l'improbabilité, l'incompatibilité avec les phénomènes, et l'opposition aux vérités reconnues, puissent jamais être admises à la faveur de l'étendue et de la nouveauté de ce système.

Il n'est pas nécessaire de justifier ces observations en revenant sur l'évidence de cette théorie. En réclamant la preuve de l'induction, nous avons trouvé les phénomènes de géologie toujours en opposition avec ses principes. Nous n'avons pas été à la recherche des petites erreurs, ou nous ne nous sommes pas attachés à quelques argumens concluans dans une multitude d'autres douteux et obscurs; toute la série est claire et convaincante, puisque les positions et les relations des grandes masses du globe, et les propriétés et les apparences des fossiles individuels se sont trouvées incompatibles avec la supposition de leur formation par un feu central. Nous avons jugé les premiers principes de cette théorie, être non seulement dans le plus

haut degré d'invraisemblance, mais absurdes et physiquement impossibles. Elle adopte l'existence d'une chaleur intense dans l'intérieur de la terre, sans assigner une cause qui l'ait produite; elle suppose l'action de cette chaleur, non seulement à la formation, ou pour toute la durée de l'existence du monde, mais encore pour un temps absolument illimité; et elle avance ces suppositions en contradiction avec les lois connues et établies de la puissance qu'elle emploie. De tels caractères placent l'hypothèse de Hutton dans la même classe des systèmes de géologie qui l'ont précédé; — ces systèmes ont été les météores de leur temps, ils sont tombés dans l'obscurité; et, pour me servir de l'expression de Dolomieu, ils ne feront jamais époque dans l'histoire de la science, mais ils indiqueront un sentier détourné, dans lequel pourront errer ceux qui se vouent à la contemplation de la nature.

La théorie Neptunienne forme, avec celle du docteur Hutton, un contraste parfait. Elle n'a pas la prétention de pousser ses recherches au delà du commencement du monde actuel, ou de s'étendre loin de ses limites; elle se contente des efforts qu'elle fait pour indiquer les causes et les apparences qui existent aujourd'hui; et les caractères de ses explications sont ceux d'une sûre et légitime déduction. Tous les phénomènes de géologie concourent à prouver que l'eau a été le grand agent qui a formé les minéraux, et ordonné la surface de la terre. Tant que la science restera dans un état d'imperfection, les erreurs se rencontreront dans l'application de ce principe que l'induction établit. Il en est ainsi de la théorie Neptunienne, et c'est même une présomption en sa faveur qu'elle ait aussi ses erreurs. Mais nous n'y avons découvert aucunes inconvenances avec ce principe, ni de contradictions avec les vérités connues. Nous y

trouvons réellement ce que nous sommes en droit d'attendre, pour le moment présent, d'une théorie exacte de la terre; non ces prétentions ambitieuses d'un système artificiel, ni les illusions magnifiques d'une imagination hardie, mais une suite d'inductions plus ou moins parfaites, rapportées toutes à un principe commun, et liées, dans l'occasion, par une hypothèse modérée et raisonnable. En un mot, on peut la considérer comme le commencement d'un système qui a toute l'évidence de la vérité, et que le temps renforcera et perfectionnera.

Dans cet Examen comparatif, l'auteur a tâché de mener la discussion avec loyauté et franchise : il n'a pas à se reprocher d'avoir supprimé un seul argument d'importance, ou d'en avoir présenté un seul, de manière à en déguiser la force : et il croit qu'en soutenant son système, il n'a pas manqué au respect qui est si justement dû à l'auteur distingué de *l'Explication de la Théorie de Hutton.*

FIN DE LA DEUXIÈME ET DERNIÈRE PARTIE.

illoux de Fer, de dimension et de Couleur différentes, appelés Septar



NOTICE

Du Traducteur sur l'île de Staffa, une des Hébrides.

« *Si quis specus, saxis penitus exesis, montem suspenderit, non*
» *manu factus, sed naturalibus causis in tantam laxitatem*
» *excavatus, animum tuum quâdam religionis suspicione percutiet.*

SENEC. PHIL. LITT. 41.

» A l'aspect d'une caverne, qui, sur ses rochers profondément
» rongés, porte une montagne suspendue, et dont l'ouverture im-
» mense n'a pas été creusée par la main des hommes, mais par celle
» de la nature, un certain pressentiment de la Divinité vient frapper
» votre esprit. »

DANS les différentes contrées de l'Europe que j'ai parcourues, particulièrement à Stopenstein en Misnie, à Lauban en Lusace, près de Carlsbad en Bohême, près de Lignitz en Silésie, à Brandau dans la Hesse; en Italie, à Monte-Bello, à Santo-Forio, près de Saint-Lucas, dans le Vicentin, près de Monte-Rosso dans le Padouan, à Monte-Diavolo, dans les environs de Véronne, dans le Midi de la France, dans l'Auvergne à Chillac et à Saint-Flour; en Irlande et en Ecosse, j'ai observé des basaltes plus ou moins curieux, mais nulle part ils n'offrent plus de grandeur et de majesté, plus de régularité et de perfection que dans l'étonnante et magnifique grotte de Fingal à Staffa, une des îles Hébrides.

Les Hébrides, *Insulæ Westernæ occidentales*, *Ebrides*, *Ebudæ* ou *Hebridæ*, sont dans l'Océan Calédonien, près des côtes Occidentales de l'Ecosse, entre le 12e et le 15e degré de longitude, et entre le 56e et le 59e de latitude. Elles sont au nombre de 44, petites, et peu ou point peuplées. Les Rois de Norwège qui en étoient autrefois possesseurs, les ont vendues à l'Ecosse.

C'est en 1772, que ces îles commencèrent à être visitées. Thomas Pennant en entreprit le voyage; mais, avant d'arriver à Staffa, il éprouva un vent contraire qui mit obstacle à son excursion

dans cette île. Sir Joseph Banks, de retour de son voyage autour du monde, se proposoit d'en faire un second; des difficultés survinrent, et il fit, cette même année, le voyage des Hébrides et de l'Islande, accompagné de 40 personnes, au nombre desquelles se trouvoient MM. Solander et de Troil, savans Suédois. C'est M. Banks qui a donné à Pennant les dessins et les descriptions de Staffa, qu'on trouve dans son voyage d'Ecosse et des Hébrides.

Au mois de juillet 1802, je partis d'Edimbourg pour aller parcourir ces îles, et sur-tout celle de Staffa, où se trouve la grotte de Fingal. Ce guerrier, fameux dans son temps en Irlande et en Ecosse, étoit le père d'Ossian, que les habitans de ces contrées ont toujours regardé, et regardent encore comme leur Homère ou leur Virgile. Malgré toutes les réfutations faites sur l'authenticité des ouvrages d'Ossian, dont Macpherson s'est fait l'éditeur, je puis assurer que les insulaires des îles Occidentales de l'Ecosse sont intéressans pour un étranger par l'enthousiasme et la vénération qu'ils conservent pour ces deux héros. Ils se plaisent à en raconter les hauts faits dont la tradition leur a conservé la mémoire, et ils chantent et déclament en langue *Erse*, les poëmes qui en perpétuent l'histoire.

Je quittai le continent de l'Ecosse à Oban, pour gagner Aros, en longeant et en passant le détroit de l'île Mull. D'Aros, je traversai l'île pour arriver à Lagan-Ulva, qui est son extrémité la plus occidentale. Mes dispositions pour l'excursion aux îles étoient faites depuis plusieurs jours, et je n'attendois qu'un vent favorable. Comme dans ces parages le fond de la mer est partout hérissé de colonnes basaltiques et la marée toujours forte, la navigation est pénible et dangereuse, et les voyageurs ne peuvent la faire qu'en barque ouverte, et en se livrant à la prudence et à l'expérience des marins qui connoissent tous les obstacles et les moyens de les éviter; on les loue, et on s'en sert comme des guides qui conduisent dans les montagnes de la Suisse.

Le 27 du même mois, le vent étant bon et le temps fort beau, je m'embarquai pour quitter l'île Mull, et me diriger d'abord sur Jona. Cette île a à peu près 3 milles de long sur 1 de large, et renferme 150 habitans, demi-sauvages, entièrement oubliés de la mère patrie, et qui, faute d'industrie, d'agriculture et de commerce, trouvent à peine de quoi subsister. Cependant

dant

dant son cimetière des Druides, les restes assez bien conservés de grands monumens, et les tombeaux encore visibles des anciens Rois de Norwège, d'Ecosse et d'Irlande, attestent que cette île autrefois a eu une existence brillante.

De Jona je me repliai sur Staffa, qui n'en est éloignée que de trois lieues : aussi entend-on déjà, à cette distance, le bruit des vagues qui s'engouffrent dans la grotte de Fingal. Au premier aspect de cet édifice immense, composé de colonnes basaltiques, les facultés de mon âme furent comme suspendues, ou au moins concentrées toutes dans une sorte d'étonnement que je n'avois jamais éprouvé. Bien servi par les circonstances, je pus jouir du bonheur assez rare de parvenir, en canot, jusqu'à la moitié du souterrain. Débarqué sur des fûts de colonnes tronquées, les pieds nus, marchant avec précaution, et en m'appuyant sur le mur de côté, je pénétrai jusqu'au fond. Dans ce moment, un des plus extraordinaires de ma vie, j'admirois tout ce que je voyois et entendois, sans pouvoir le comprendre, J'admirois la symétrie des piliers qui soutiennent le poids de cette voûte immense; la multitude de pointes basaltiques qui la percent, le demi-jour qui n'arrive que par l'entrée, et qui se répand par-tout; la force et le bruit épouvantable des vagues qui viennent se briser contre le mur du fond; l'écho toujours résonnant dans l'intervalle de la retraite et de la rentrée du flot; le murmure harmonieux que l'eau et l'air font en s'insinuant par des fentes étroites dans des cavernes voisines; le mouvement de haut et de bas du canot; le chant des aventures d'Ossian, entonné à pleine voix par un des matelots, et accompagné de la discordance des cornemuses, instrument du pays : toutes ces scènes réunies sur un même point, au lieu de me rappeler le pouvoir et la présence des génies et des fées qui ont inspiré Ossian dans ses récits et ses profondes et tristes méditations, me ramenoient toujours à la puissance de celui dont toutes les créations sont pour nous des prodiges incompréhensibles.

En sortant de la grotte pour faire le tour de l'île, ou pour grimper sur son sommet, on se retourne, on élève les yeux pour admirer encore, et puis on finit, malgré soi, par comparer ces frêles et brillans édifices, élevés par la main des hommes, avec ceux que la nature leur a laissés pour modèles. Qu'ils sont

petits ces temples, ces péristyles, ces portiques ! que ces piliers et ces pilastres sont foibles, que ces ornemens sont mesquins ! Que tout cela est peu digne de notre admiration, quand on peut jouir de la vaste et belle architecture qui décore, au milieu de la mer, l'île de Staffa et ses environs.

Le dessus de ce rocher basaltique est revêtu presque par-tout d'une terre végétale et d'un gazon très-court, seule et unique végétation de l'île. Cependant, l'année avant mon voyage, une famille toute entière de pauvres cultivateurs avoit coutume de venir s'y établir, pendant quelques mois de l'été. Dans une chétive cabane construite près d'une petite source d'eau fraîche, elle vivoit d'un peu d'avoine et de quelques pommes de terre, que donne à peine ce sol ingrat, et prenoit soin du troupeau qui y étoit transporté pour y brouter l'herbe. Depuis, l'île est restée déserte : sa température humide et la violence des vents qui la tourmentent, n'ont plus permis à des hommes d'habiter un rocher qui n'appartient qu'aux tempêtes.

Les colonnes à l'entrée, et dans l'intérieur de la grotte sont droites, et sortent de l'eau immédiatement. Tout le mur extérieur de l'île est composé également de piliers plus ou moins perpendiculaires, qui ont leur base dans l'eau; à l'est, par des avancemens demi-circulaires, ils représentent, en distances à peu près égales, autant de buffets d'orgues. En tournant vers le Nord Ouest, et en gagnant la grotte de Corvorant, les colonnes ne sortent plus de l'eau; mais, dans une position un peu penchée, elles s'élèvent de dessus une roche de trapp noir et dur.

En continuant à faire le tour par le Sud, les basaltes ne sont plus droits et posés comme pour soutenir un édifice; ils sont tous couchés les uns sur les autres en grandes masses qui forment des segmens de cercle, et qui de loin ressemblent à des carcasses de vaisseaux échoués.

Un peu plus loin on aperçoit la presqu'île de Boo-Scha-la, qui dans la haute mer devient une île. Là, les colonnes en général sont terminées par une figure conique, et la réunion de leurs masses figurent aussi des cônes. Les colonnes isolées sont ou perpendiculaires, ou horizontales, et semblent toutes tendre vers un centre commun.

On peut faire le tour de Staffa en canot, pour jouir du coup d'œil que présentent les basaltes par leurs formes variées et par leurs masses singulières. Cependant l'observateur curieux est beaucoup plus satisfait de l'excursion qu'il fait à pied dans toutes les scènes différentes qu'offre ce phénomène étonnant.

Revenons à la grotte de Fingal. Le fronton est formé des boursoufflures énormes d'une roche noirâtre très-dure, et traversée, dans tous les sens, de colonnes tronquées qui paroissent enchâssées dans la terre et le gazon. Le plafond est une surface très-onduleuse, garnie par-tout de fûts de dimensions inégales. Les deux côtés sont solidement construits de piliers droits, uniformes et presque tous entiers. Le mur du fond est de même, et on conçoit difficilement comment il peut résister à l'assaut que lui livre sans cesse la violence des vagues. Sur les deux côtés, et particulièrement à droite en entrant, les pierres sont assez élevées au-dessus de l'eau; même dans la haute mer, pour qu'on puisse aller par-tout sans danger, en usant des précautions nécessaires. Pendant la marée basse, et même quand le flot rétrograde, l'eau est si limpide, qu'il est facile de voir, sur-tout à l'extrémité, que le fond de la mer est également couvert de colonnes droites et renversées.

La couleur du basalte est d'un gris foncé à l'extérieur, et noir en dedans. Les colonnes sont divisées en sections horizontales de longueurs inégales, et cimentées par une matière spathique jaunâtre, la même que celle qui unit les piliers ensemble.

Le diamètre des basaltes est depuis un pied jusqu'à quatre. Leur forme varie : il y en a de triangulaires, de tétraèdres, de pentagones, d'exagones, d'heptagones et d'octogones. Dans la fracture fraîche des grands prismes, on observe aisément la forme commencée de plusieurs petits prismes.

Staffa, éloignée de 15 milles de la côte, est à l'Ouest de l'île Mull. Sa longueur est d'environ un mille, sa largeur d'un demi-mille, et sa circonférence de trois milles.

Voici les dimensions qui peuvent faire juger à peu près la grandeur de tout ce qui compose la grotte de Fingal.

	pieds	pouces.
Etendue que l'on parcourt entre les colonnes jusqu'à l'entrée de la grotte.	121	6
Depuis l'entrée jusqu'à l'extrémité.	250	

	pieds	pouces.
Largeur de l'ouverture.	53	7
Hauteur de la voûte à l'entrée.	117	6
A l'extrémité.	70	
Hauteur d'un des piliers extérieurs.	39	6
D'un autre au Nord-Ouest.	54	
Profondeur de l'eau à l'entrée.	18	
Au fond.	9	
A la grotte de Corvorant, la couche au-dessous des colonnes, à partir de l'eau . . . . de	11 à 19	
Les colonnes. . . . . de	37 à 55	
La couche de dessus. . . . . de	50 à 66	

Pour avoir de plus grands détails sur l'île de Staffa, le lecteur peut consulter les descriptions, cartes et planches des voyages publiés par T. Pennant, Sir J. Banks et Solander. l'évêque Suédois de Troïl traduit par de Lindbloom, et Faujas de Saint-Fond.



Grotte de fingal dans l'île de Staffa.



Gravé par Ambroise TARDIEU Quai des Augustins N.° 49.

Ile de Boo-sha-la, et les basaltes courbés de Staffa.



